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

# PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA EN LA CUENCA DEL BIOBÍO

## RESUMEN EJECUTIVO

## REALIZADO POR:

Universidad de Concepción
Departamento de Recursos Hídricos

## S.I.T. Nº 474

## AGOSTO, 2021

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

**Ministro de Obras Públicas**
**Ing. Civil Industrial Sr. Alfredo Moreno Charme**

**Director General de Aguas**
**Ing. Comercial Sr. Oscar Cristi Marfil**

**Jefe División de Estudios y Planificación**
**Ing. Civil Mag. Sr. Mauricio Lorca Miranda**

**Inspector Fiscal**
**Ing. Civil, MSc. Sra. Andrea Osses Vargas**

**Inspectores fiscales subrogantes**
**Ing. En Recursos Naturales Renovables, Mag. Sr. Gustavo Abrigo Cornejo**
**Ing. Civil, Sr. Ignacio Cofré Henríquez**
**Ing. Civil hidráulico, Srta. Carolina Herrera**

**Asesoría Planes**
**Ing. Agrónomo, Dr. Sr. Rodrigo Fuster Gómez**
**Ing. Civil Hidráulico, Sr. Cristian Chadwick Irarrázaval**
**Ingeniera en Recursos Naturales Renovables, Msc. Sra. Hilda Moya Jofré**

**Asesor Modelación Integrada DGA**
**Ing. Civil Dr. Sr. Pedro Sanzana Cuevas.**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN**

**Equipo de trabajo**

Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Agrícola, PhD. Octavio Lagos Roa

Especialistas

Coordinador y Especialista SIG
Ingeniero Civil Agrícola Mag. Andrés Pérez Barriga

Especialista en evaluación y modelación de aguas subterráneas
Ingeniero Civil, PhD. José Luis Arumí Ribera

Especialista en recursos hídricos y modelación integrada
Ingeniero Civil, Dr. Enrique Muñoz Ortiz

Especialista en calidad de aguas y medioambiente
Ingeniero Civil Químico, PhD. Javier Ferrer Valenzuela

Especialista en economía
Ingeniera Comercial MSc. Susana Villar

Especialista en ciencias sociales y actividades de participación
Antropóloga, Blanca Rivera

**Equipo complementario**

Especialista en gobernanza de agua y Organizaciones de Usuarios de Aguas
Ingeniero Civil Agrícola, Ovidio Melo Jara

Encargada de difusión del estudio e ingeniera de proyecto
Ingeniera Civil Agrícola, Carolina Manríquez Parra

Ingeniero de Proyecto
Ingeniero Civil, Robert Clasing Fuentes

Ingeniero de Proyecto
Ingeniera Civil, Yelena Medina González

# ÍNDICE DE CONTENIDO


**1 INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCES ..... 4**
**1.1 INTRODUCCIÓN ..... 4**
**1.2 OBJETIVOS ..... 4**
**1.3 ALCANCES GENERALES ..... 5**
**1.4 BRECHAS IDENTIFICADAS ..... 17**
**1.5 PLAN DE ACCIÓN ..... 23**
1.5.1 Iniciativas Ámbito social y cultural ..... 25
1.5.1 Iniciativas calidad de aguas ..... 28
1.5.2 Fortalecimiento de OUA. ..... 32
1.5.3 Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos ..... 37
1.5.4 Información respecto al mercado del agua y DAA ..... 40
1.5.5 Infraestructura hidráulica ..... 42
1.5.6 Monitoreo de los recursos hídricos ..... 46
1.5.7 Riesgos asociados a las aguas de la cuenca ..... 50
**1.1 Valorización económica del Plan estratégico de gestión hídrica ..... 52**
1.1.1 Distribución de costos por actores ..... 53
**1.2 Priorización de las acciones ..... 55**
**1.1 Cronograma de las soluciones ..... 56**
**2 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN ..... 59**
**2.1 Hitos de referencia en la implementación del plan ..... 59**
2.1.1 Corto plazo ..... 59
2.1.2 Mediano plazo ..... 59
2.1.3 Largo plazo ..... 60
**2.2 Estrategia de implementación ..... 60**
**2.1 Estrategia de comunicación ..... 61**
**2.2 Pasos en la implementación ..... 62**
**2.3 Plan de monitoreo ..... 64**
2.3.1 Indicadores ..... 64
2.3.2 Seguimiento ..... 71
**2.4 Mecanismos para el análisis y toma de decisiones ..... 72**
**3 REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS ..... 73**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 7. Valores de los parámetros y codificación de colores, según las diferentes calidades establecidas para las aguas superficiales de la cuenca del río Biobío, para verano de 2016. ..... 11
Tabla 8. Escenario Gestión 3 (E3), Balance Hídrico Subterráneo 2020-2050. ..... 17
Tabla 9. Propuestas realizaras a actores relevantes. ..... 21
Tabla 10. Líneas de acción e iniciativas propuestas. ..... 23
Tabla 11. Acción 1, ámbito social y cultural. ..... 25
Tabla 12. Acción 2, ámbito social y cultural. ..... 26
Tabla 13. Acción 3, ámbito social y cultural. ..... 27
Tabla 14. Acción 1, calidad de aguas ..... 28
Tabla 15. Acción 2, calidad de aguas ..... 29
Tabla 16. Acción 3, calidad de aguas. ..... 30
Tabla 17. Acción 4, calidad de aguas. ..... 31
Tabla 18. Acción 1, fortalecimiento de OUA. ..... 32
Tabla 19. Acción 2, fortalecimiento OUA ..... 33
Tabla 20. Acción 3, fortalecimiento OUA ..... 34
Tabla 21. Acción 4, fortalecimiento OUA ..... 35
Tabla 22. Acción 5, fortalecimiento OUA ..... 36
Tabla 23. Acción 1, gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos. ..... 37
Tabla 24. Acción 2, gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos. ..... 38
Tabla 25. Acción 3, gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos. ..... 39
Tabla 26. Acción 1, información respecto al mercado del agua y DAA ..... 40
Tabla 27. Acción 2, información respecto al mercado del agua y DAA ..... 41
Tabla 28. Acción 1, infraestructura hidráulica ..... 42
Tabla 29. Acción 2, infraestructura hidráulica ..... 43
Tabla 30. Acción 3, infraestructura hidráulica. ..... 44
Tabla 31. Acción 4, infraestructura hidráulica. ..... 45
Tabla 32. Acción 1, monitoreo recursos hídricos. ..... 46
Tabla 33. Acción 2, monitoreo de los recursos hídricos. ..... 47
Tabla 34. Acción 3, monitoreo de los recursos hídricos. ..... 48
Tabla 35. Acción 4, monitoreo de los recursos hídricos. ..... 49
Tabla 36. Acción 1, riesgos asociados a las aguas de la cuenca. ..... 50
Tabla 37. Acción 2, riesgos asociados a las aguas de la cuenca. ..... 51
Tabla 38. Costo de las iniciativas del plan según línea de acción y fuente de financiamiento. ..... 52
Tabla 39. Costo por actores y línea de acción del plan. ..... 54
Tabla 40. Valores de ponderación de grupos y variables de decisión utilizadas. ..... 55
Tabla 41. Consolidación de priorización de iniciativas. ..... 56
Tabla 42. Propuesta de indicadores por acción. ..... 66
Tabla 43. Seguimiento del PEGH Biobío. ..... 71

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales ríos de la cuenca del Biobío. ..... 6
Figura 2. Distribución espacial de la precipitación anual de los distritos agroclimáticos en la zona en estudio. ..... 7
Figura 3. Estaciones fluviométricas y meteorológicas en la cuenca del río Biobío. ..... 8
Figura 4. Jurisdicción de las juntas de vigilancia de la cuenca del río Biobío. ..... 9
Figura 5. Caudales ($m^3/s$) de 5, 50 y 95% de probabilidad de excedencia en rio Biobío en desembocadura (izq) y río Laja en Tucapel (der). ..... 10
Figura 6. Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC) definidos en la cuenca del río Biobío. ..... 12
Figura 7. Subcuencas utilizadas en la modelación. ..... 13
Figura 8. Resultados de componente superficial del modelo acoplado WEAP-MODFLOW para la estación Biobío en Desembocadura. ..... 14
Figura 9. Cambio porcentual de los caudales de diferente probabilidad de excedencia en las cuencas del río Biobío para el escenario de Caso Base respecto del periodo de calibración. ..... 15
Figura 10. Volúmenes simulados del Lago Laja, considerando la regla de operación del convenio DOH (2017), y comparativa con observaciones del periodo 1990 – 2015. 16
Figura 11. Distribución de costos por línea de acción y tipo de iniciativa. ..... 52
Figura 12. Distribución de costo por actores. ..... 54
Figura 13. Hoja de ruta del plan de acción. ..... 57
Figura 14. Distribución de iniciativas a corto plazo. ..... 59
Figura 15. Distribución de iniciativas a mediano plazo. ..... 60
Figura 16.Esquema simplificado de los pasos de implementación del PEGH. ..... 63
Figura 17. Modelo de gobernanza del PEGH. ..... 64

# 1 INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ALCANCES

## 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 en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento, promoviendo la gestión y administración del recurso hídrico en un marco de sustentabilidad, interés público y asignación y uso eficiente del recurso hídrico, para el consumo humano, producción de bienes y servicios, y la conservación del medio ambiente.

El Plan Estratégico de Gestión Hídrica (PEGH) del río Biobío hace una evaluación de la cantidad y calidad de los recursos hídricos necesarios para todas las actividades y usos que las necesitan, y con prioridad del consumo humano, otorgando un uso sustentable del recurso para así poder satisfacer las necesidades actuales y de futuras generaciones. En consecuencia, el plan de cuenca compila un portafolio de acciones a corto, mediano, y largo plazo, dirigido principalmente a la DGA, como también a otros organismos del Estado como DOH, Ministerio de Medioambiente, Ministerio de Agricultura, entre otros y organismos privados como Organizaciones de Usuarios de Aguas, Empresas Privadas, siendo estos algunos de 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.

## 1.2 OBJETIVOS

### Objetivo General

El objetivo general del plan estratégico es: "Proponer un plan estratégico indicativo para la cuenca del río Biobío, para que en su realidad se pueda conocer la oferta y demanda actual de agua, establecer balance hídrico y sus proyecciones a 30 años, diagnosticar el estado de información, infraestructura e instituciones que toman decisiones respecto al recurso hídrico, y proponer cartera de acciones DGA y de terceros público-privados, que permitan suplir la demanda de agua y adaptación al cambio climático, con un portafolio de acciones que aseguren su abastecimiento en cantidad y calidad".

### Objetivos Específicos

**Objetivo 1** : Conocer el estado actual de la cuenca del río Biobío en cuanto a oferta, demanda, balance de agua (en cuanto a derechos y demandas de agua) y sus respectivas herramientas de cálculo (modelos), control de extracciones, calidad fisicoquímica de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, gobernanza, y red hidrométrica superficial, subterránea, de calidad, de glaciología y nieves.

**Objetivo 2** : Construir y/o actualizar modelos de simulación hidrológicos, e integrarlos a nivel superficial-subterráneo.

**Objetivo 3** : Definir 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.

**Objetivo 4** : Diagnosticar el estado de la infraestructura hidráulica actual y proponer acciones para mejorar el monitoreo de las aguas de la cuenca (superficial, subterráneo, de montaña y glaciares).

**Objetivo 5** : Diagnosticar estado de la calidad de aguas de las fuentes superficiales y subterráneas. Definir acciones para proteger funciones ecosistémicas criticas relacionadas con los cuerpos de agua en el tiempo.

**Objetivo 6** : Identificar las brechas entre oferta y demanda de agua en distintos escenarios de cambio climático, sequía e inundaciones, estableciendo un portafolio de acciones (estrategias de gestión) para reducirlas. Se deberá establecer un caso base y distintos escenarios para la evaluación.

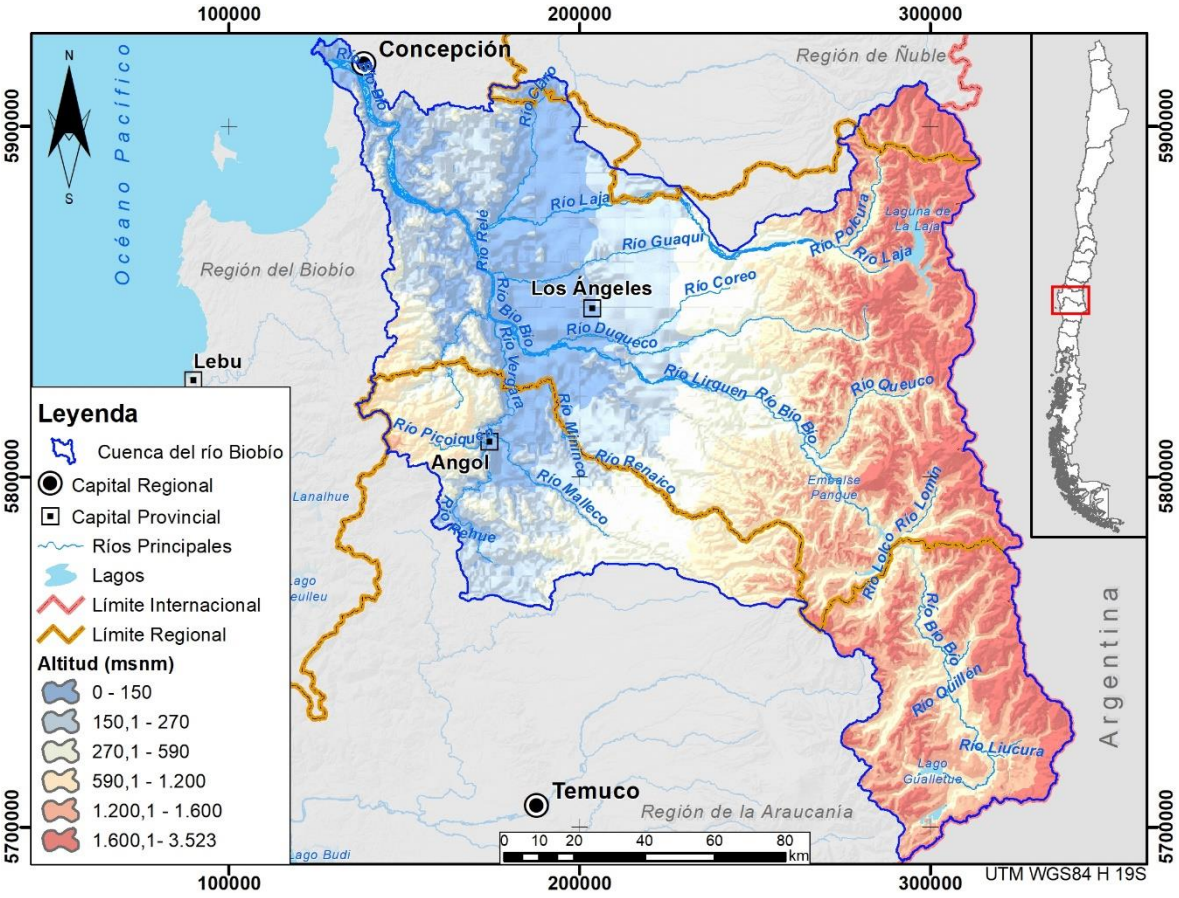
**Objetivo 7** : Entregar estrategias para mejorar la toma de decisiones, mediante la utilización de modelos operativos de gestión, los cuales deberán tener escenarios de planificación a corto, mediano y largo plazo, y ser adaptativos en el tiempo.

**Objetivo 8** : Entregar estrategias para promover y revitalizar la alianza público-privada, y así incrementar cualitativamente la inversión requerida en infraestructura e investigación.

## 1.3 ALCANCES GENERALES

De acuerdo con los objetivos específicos del estudio, el PEGH del río Biobío contempló las siguientes actividades.

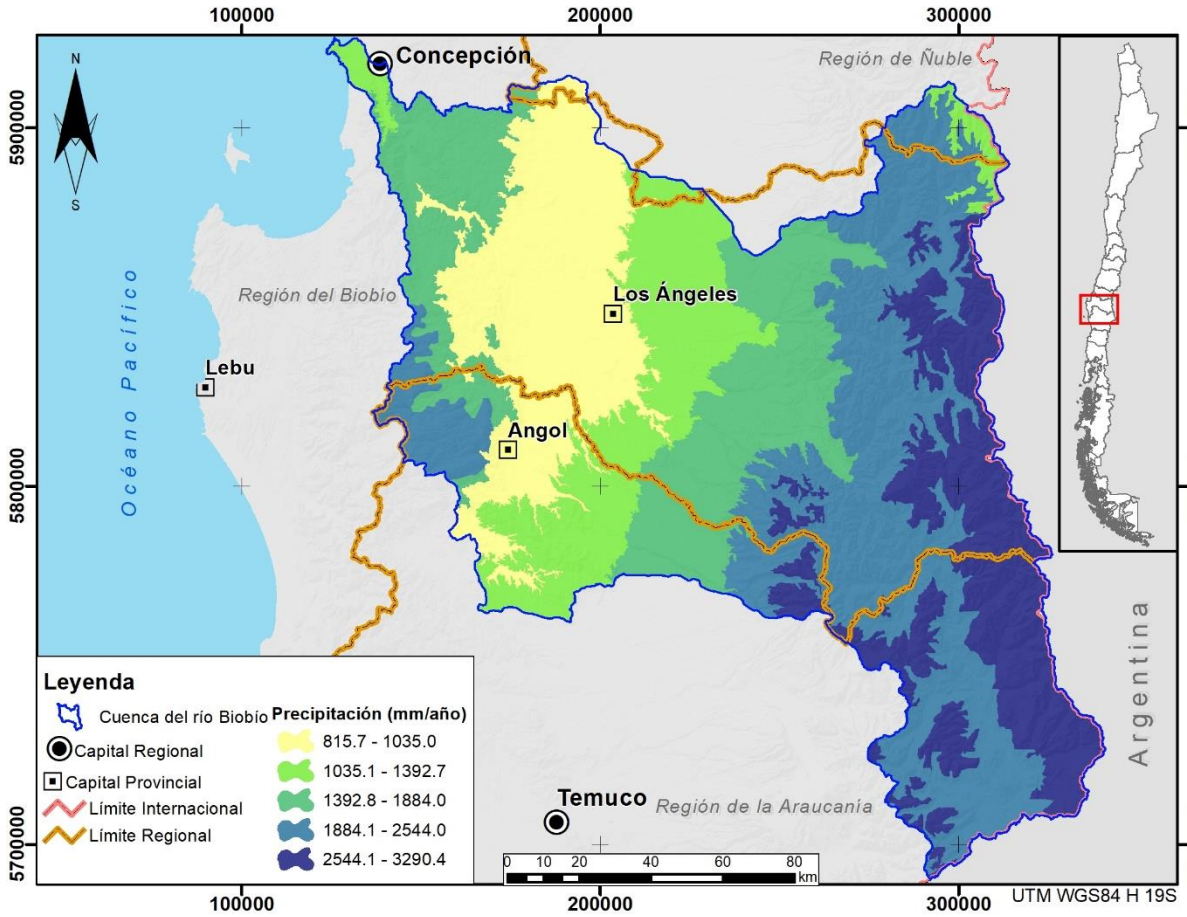
**Caracterización de la cuenca**. Se realizó una caracterización de la cuenca en su dimensión física que incluyó la dimensión administrativa, la geomorfología y la hidrografía. El río Biobío tiene una extensión de más de 438 km y una superficie de la cuenca de 24268 $km^2$. El río Biobío posee las características propias de los principales ríos de la zona central de Chile que consiste en un río principal que cruza la cordillera de la costa a través de un Valle estrecho que se desarrolla entre San Rosendo y Concepción. Aguas arriba de San Rosendo, los afluentes principales del río Biobío son los ríos Laja, río Huaqui y río Duqueco por el norte y los ríos Vergara y río Bureo por el sur (Figura 1).




Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Principales ríos de la cuenca del Biobío.

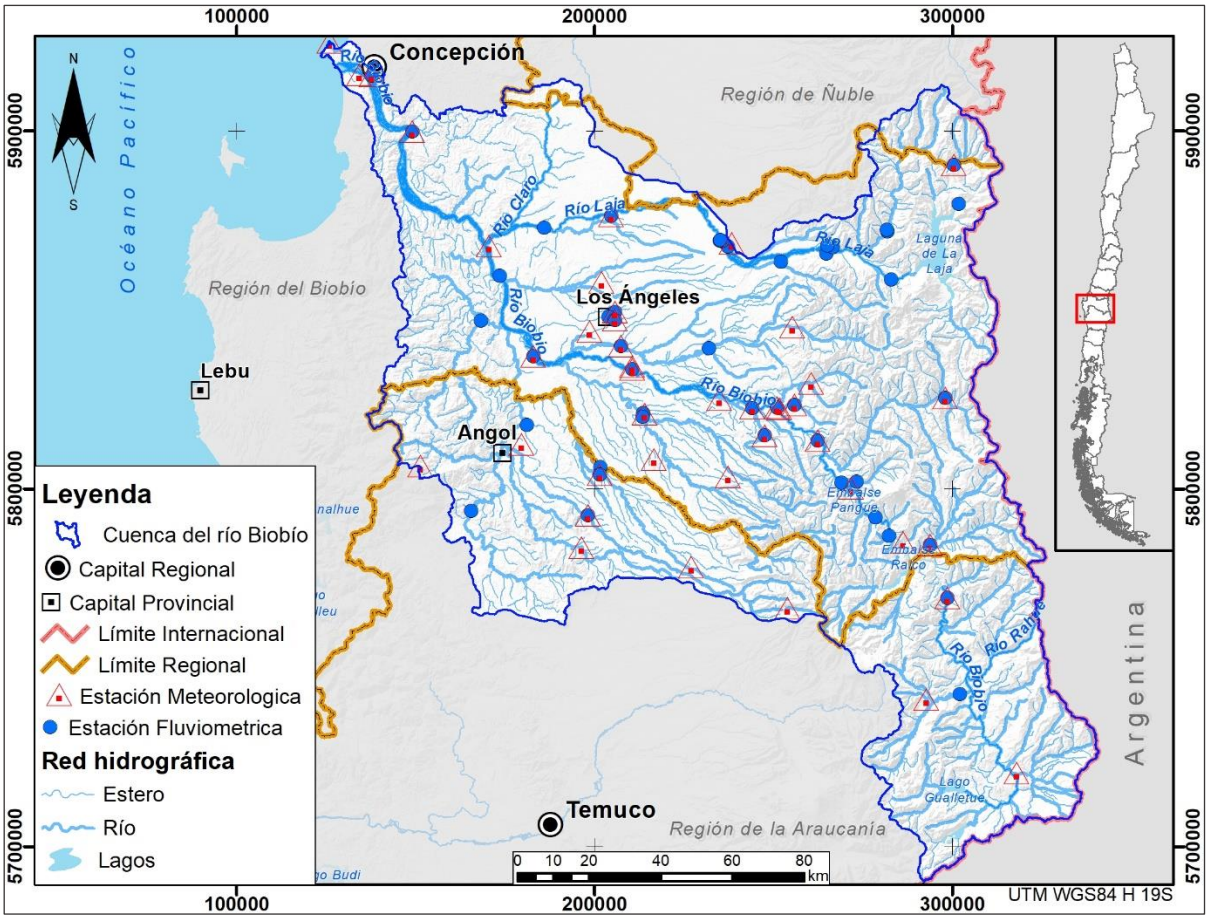
Se analizó el clima para toda la cuenca encontrando 18 distritos agroclimáticos. La precipitación y evapotranspiración ponderada para toda la cuenca resultó en 1.746 mm/año y 1.255 mm/año respectivamente. La Figura 2 muestra la distribución espacial de la precipitación anual de los distritos agroclimáticos en la zona en estudio. Se estudió la variación estacional de cada uno de los distritos y se analizó la ocurrencia de eventos extremos históricos y las proyecciones al 2050 de disminución de precipitación (90%) y aumento de temperatura en aproximadamente 1ºC (bajo el escenario RCP85). Incluido en la caracterización de la cuenca también se realizó una caracterización de la dimensión ambiental donde se analizaron los ecosistemas y la identificación de aguas fósiles en la cuenca además del estado actual de los glaciares.




Fuente: Elaboración propia en base a FIA, 2017

Figura 2. Distribución espacial de la precipitación anual de los distritos agroclimáticos en la zona en estudio.

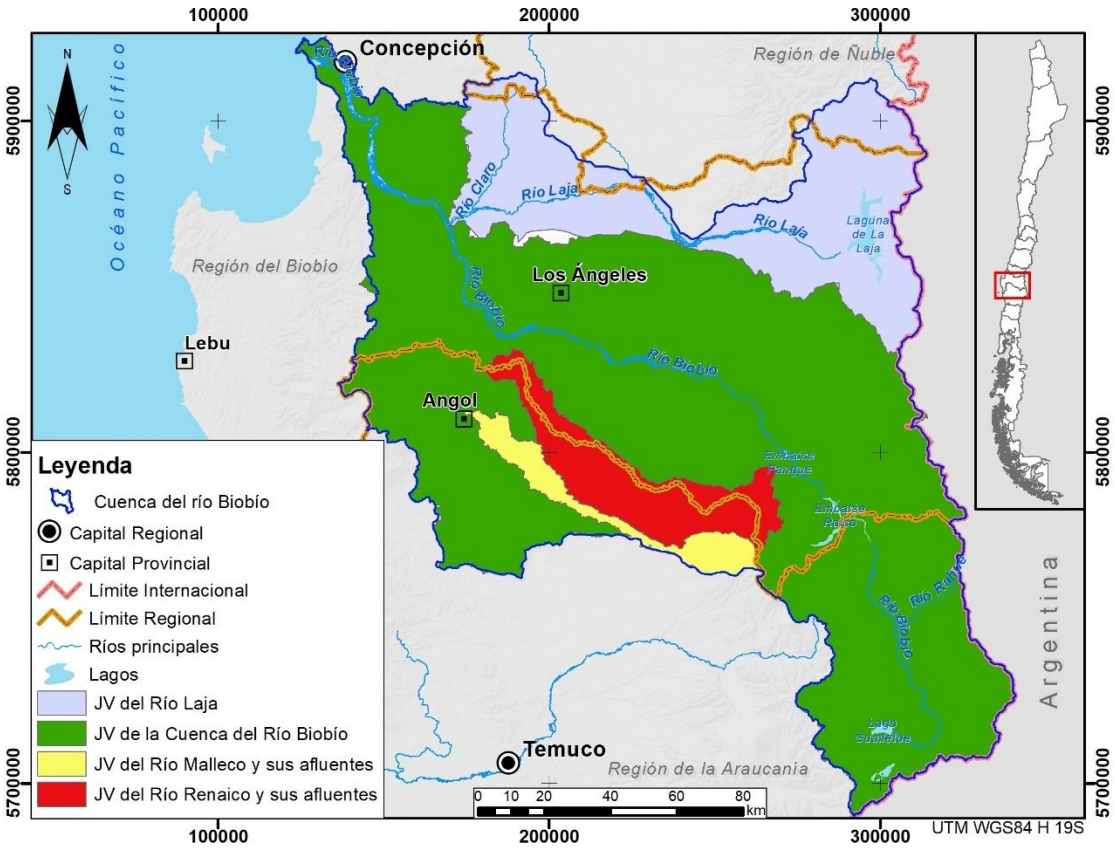
Se incorporó en esta caracterización el estado de la infraestructura hídrica donde se catastraron las obras hidráulicas existentes, encontrando 76 embalses (principalmente destinados a riego), 2200 canales cuya extensión alcanza los 4.800 km y 1.600 bocatomas donde unas 1.500 son de carácter transitorio. Se analizó el estado actual de las redes de medición y la calidad de la red, se evaluó la red hidrométrica superficial y subterránea, la red de calidad de agua y la información en glaciología y de Nieves. En la Figura 3 es posible ver las estaciones fluviométricas y meteorológicas en la cuenca del río Biobío.




Fuente: Elaboración propia en base Mapoteca DGA

Figura 3. Estaciones fluviométricas y meteorológicas en la cuenca del río Biobío.

Se analizó la gobernanza en toda la cuenca, se evaluó el actual seccionamiento de cauces y de las OUAs existentes. En la cuenca existen 4 Juntas de Vigilancia en diferentes grados de formación (Figura 4). Se analizó, en torno a la gobernanza, la integración de aguas superficiales y subterráneas, los conflictos en torno a la gestión, se elaboró un mapa de agentes y se analizaron las brechas que existen.




Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Jurisdicción de las juntas de vigilancia de la cuenca del río Biobío.

**Demanda física y legal diferentes usos.** Se analizó y comparó la demanda de agua tanto física como la legal para los diferentes usos presentes en la cuenca. En la cuenca existen 5694 DAA subterráneos y superficiales (incluyendo consuntivos y no consuntivos). Se determinó el uso humano en agua potable urbana histórica y proyectada, también se analizó el agua potable rural utilizada en la cuenca histórica y proyectada y estos valores se compararon con los derechos de aprovechamiento de agua que existían para dicho consumo.

En la cuenca del Biobío la demanda de agua potable rural estimada con base año 2015, fue de 3.950 $Mm^3$/ año con un caudal medio anual de 0,125 $m^3/s$ en la región del Biobío y en la Araucanía de 625,3 $Mm^3$/año con un caudal medio de 0,020 $m^3/s$, según la Estimación de Demanda actual de Recursos Hídricos (DGA, 2017).

Se documentaron las necesidades mínimas ambientales la consideración de sistemas protegidos, el uso del agua en flujos medioambientales, el uso de agua en usos recreacionales y los derechos de aprovechamiento para el medio ambiente o caudales ecológicos. Se determinó la demanda agrícola específicamente en las zonas de riego modeladas y con los cultivos que fueron modelados durante las simulaciones hidrológicas. Se determinó que la cuenca posee una demanda bajo la figura de DAA promedio anual de 370 $m^3/s$.

De forma similar se analizó la demanda minera y la demanda industrial comparándola con los derechos de agua asociados a estos rubros. Adicionalmente, se realizó un análisis del

mercado del agua en la cuenca, para esto se utilizaron los registros de las transacciones que existían en los conservadores de bienes raíces presentes la cuenca, el análisis separó las transacciones para aguas superficiales y para aguas subterráneas obteniendo valores medios por l/s de 11,9 UF y 12,5 UF respectivamente. Finalmente se evaluó la evolución en el número de transacciones que han ocurrido en la cuenca observando un aumento a partir del año 2005.

**Oferta hídrica.** La oferta Hídrica de agua se analizó separadamente para agua superficial y agua subterránea. Se caracterizó el sistema hidrológico superficial de la cuenca considerando el régimen natural y las alteraciones antropogénicas. En la cuenca del Biobío se ha registrado un déficit de precipitaciones. Desde 2010 se ha producido una secuencia ininterrumpida de años secos, con déficits anuales de lluvia que varían entre 25 y 45 %, la cual ha prevalecido en el centro de Chile (30-38º S) (Garreaud et al., 2017, 2020). Sin embargo, de acuerdo con los antecedentes disponibles, la única subcuenca que se ha visto afectada por problemas de disponibilidad de agua es la cuenca del río Laja (Díaz Arellano et al., 2018).

En el Apéndice H del informe final de este estudio se muestran los resultados obtenidos para el cálculo de la oferta de la fuente derivado a partir del cálculo de probabilidades de excedencia de la muestra (registros fluviométricos obtenidos del sitio web de la DGA). Se presentan curvas de duración de los caudales medios mensuales obtenidas a partir de registros fluviométricos de estaciones ubicadas dentro de la cuenca del río Biobío y se presentan los resultados para el modelo calibrado incluyendo series de caudales medios mensuales, variación estacional, caudales medios anuales y curvas de duración. A modo de resumen, la Figura 5 muestras caudales de 5, 50 y 95% de probabilidad de excedencia de oferta en la fuente, estimados para el río Biobío en desembocadura y para el río Laja en Tucapel.

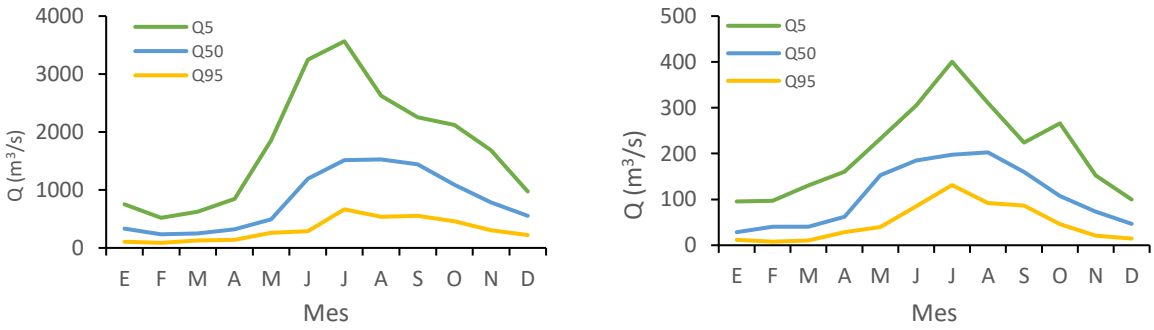



Figura 5. Caudales ($m^3/s$) de 5, 50 y 95% de probabilidad de excedencia en rio Biobío en desembocadura (izq) y río Laja en Tucapel (der).

Se analizó el estado de restricciones al uso del agua en la cuenca y según registros disponibles en el sitio web de la DGA el río Laja fue el primer río en Chile en declararse agotado en 1952. En términos de la oferta existe la propuesta de manejo del lago Laja donde la mesa acordó principios de operación que incluyen: determinar los volúmenes a distribuir durante cada temporada de acuerdo con los volúmenes almacenados en el lago la temporada anterior, no diferenciar derechos de agua entre los regantes, mantener un

caudal mínimo como aporte para el salto del Laja y redefinir nuevos colchones de operación que reemplacen aquellos acordados en el convenio de 1958.

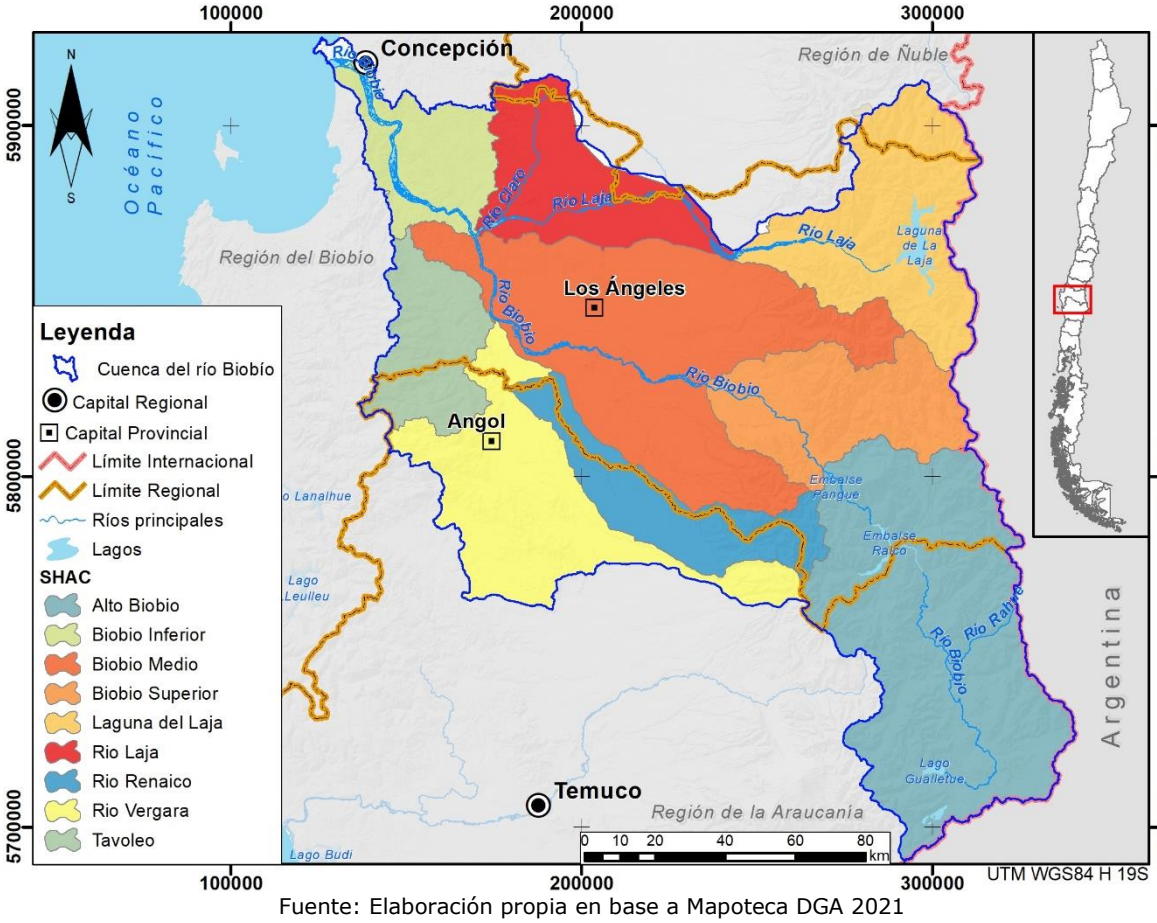
En términos de calidad de agua superficial en la cuenca existe desde el año 2015 una norma secundaria. En la década del 90 ya existían altos niveles de compuestos nitrogenados a lo largo del río como amonio, nitrato y nitrógeno total principalmente y con menor frecuencia otros contaminantes. Actualmente además de compuestos nitrogenados también han aparecido niveles elevados de contaminantes fosforados como el ortofosfato y el fósforo total y con menor frecuencia otros como sulfatos y coliformes. La aparición de los contaminantes es estacional siendo en verano donde aparecen en mayores cantidades, a través del poco tiempo que se lleva estudiando la cuenca ésta ha sufrido alteraciones tanto en la calidad de las aguas superficiales como en la diversidad y distribución de la vida en el río y existe evidencia científica acerca de una serie de compuestos que aún no han sido incorporados en las actuales normativas y que sin duda están tributando en el deterioro del ecosistema. Finalmente, la actual presencia de elevados niveles de nitrógeno y fósforo pueden estar dados tanto por las descargas puntuales al río como por la importante actividad agrícola y forestal de la cuenca que puede generar contaminación difusa. La Tabla 1 muestra algunos valores de los parámetros y codificación de colores, según las diferentes calidades establecidas para las aguas superficiales de la cuenca del río Biobío, para verano de 2016.

Tabla 1. Valores de los parámetros y codificación de colores, según las diferentes calidades establecidas para las aguas superficiales de la cuenca del río Biobío, para verano de 2016.

| | Verano 2016 | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | BI-10 | BI-20 | BI-30 | BI-40 | BI-50 | BI-60 | BU-10 | DU-10 | LA-10 | LA-20 | LA-30 | MA-10 | RE-10 | VE-10 |
| Aluminio Total | 0,11 | 0,09 | 0,15 | 0,14 | 0,24 | 0,08 | 0,15 | 0,15 | 0,12 | < 0,06 | 0,14 | 0,17 | 0,12 | 0,1 |
| AOX | <0,010 | <0,010 | 0,051 | 0,051 | 0,026 | 0,036 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | 0,011 |
| Cloruro | 0,8 | 4,74 | 8 | 8,38 | 7,37 | 73,06 | 3,92 | 3,17 | 1,28 | 1,47 | 1,96 | 3,68 | 4,13 | 4,78 |
| Coliformes Fecales | <1,8 | 4,5 | 11,5 | 2,4 | 2,5 | 3900 | 10 | 240 | <1,8 | <1,8 | <1,8 | 9,3 | 2 | 7,13 |
| Conductividad | 45,6 | 57,3 | 90,6 | 97 | 90,8 | 232,9 | 51,2 | 64,4 | 40,3 | 54,4 | 67,8 | 64,8 | 54,6 | 70,8 |
| DBO5 (a 20°C) | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | 1,1 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | < 1,0 | <1,0 |
| DQO | 4 | 2 | 8 | 6 | 2 | 3 | 4 | 5 | 2 | 2 | 3 | 6 | 5 | 4 |
| Hierro Total | 0,143 | 0,063 | 0,13 | 0,117 | 0,209 | 0,045 | 0,241 | 0,133 | 0,079 | 0,039 | 0,129 | 0,317 | 0,245 | 0,133 |
| Índice de Fenol | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,0044 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,0031 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Nitróg. de Amonio | 0,023 | 0,031 | 0,078 | 0,016 | 0,062 | 0,078 | 0,07 | 0,039 | 0,023 | 0,023 | < 0,016 | < 0,016 | 0,023 | 0,016 |
| Nitróg. de Nitrato | 0,003 | 0,004 | 0,144 | 0,185 | 0,176 | 0,141 | 0,333 | 0,337 | 0,024 | 0,047 | 0,138 | 0,226 | 0,058 | 0,27 |
| Nitrógeno de Nitrito | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 | <0,0015 |
| Nitrógeno Total | 0,12 | 0,11 | 0,42 | 0,4 | 0,37 | 0,3 | 0,51 | 0,62 | 0,16 | 0,18 | 0,31 | 0,23 | 0,28 | 0,54 |
| Fósforo Total | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,05 |
| fosforo de Orto-Fosfato | < 0,004 | < 0,004 | 0,014 | 0,015 | 0,015 | 0,023 | < 0,004 | 0,015 | 0,008 | 0,015 | 0,007 | 0,007 | < 0,004 | < 0,004 |
| Oxígeno Disuelto | 11 | 10,5 | 10,1 | 10 | 10,2 | 10,4 | 11,2 | 10,3 | 12,6 | 10,6 | 10,3 | 11,5 | 11,8 | 10,5 |
| pH | 6,86 | 7,08 | 7,71 | 7,3 | 7,11 | 7,15 | 7,63 | 7,38 | 6,91 | 7,15 | 8,03 | 7,24 | 8,36 | 7,43 |
| Sól. Suspendidos Totales | 3,3 | < 1,0 | 2,3 | 1,5 | 2 | < 1,0 | 2,6 | 2,3 | 1,1 | 1 | 2 | 1,6 | 1,9 | 1,6 |
| Sulfato | 2,72 | 8,48 | 19,88 | 21,37 | 18,65 | 26,94 | 4,9 | 4,12 | 8,28 | 4,15 | 4,68 | 4,04 | 4,38 | 5,38 |

Fuente: Datos obtenidos a partir de EULA (2016) y CENMA (2017)

Respecto al agua subterránea los principales sistemas hidrogeológicos de la cuenca corresponden a un Sistema Andino que aporta recarga distribuida desde el frente de montaña, el Sistema Sedimentario que es la principal unidad de almacenamiento de agua subterránea y el Sistema Nahuelbuta que aporta localmente en recarga y cierra la parte baja de la cuenca. Por otro lado, la DGA ha identificado 9 sectores acuíferos dentro de la Cuenca Biobío inferior, Biobío medio, Biobío superior, alto Biobío, Laguna del Laja, río Laja Tavoleo, río Renaico y río Vergara (Figura 6). En la cuenca existen pocos registros de pozos de observación de agua subterránea, sin embargo, los niveles freáticos recolectados desde el año 2016 muestran niveles que se mantienen estables en el periodo donde se dispone información. Por otro lado, en general la calidad del agua subterránea es buena.

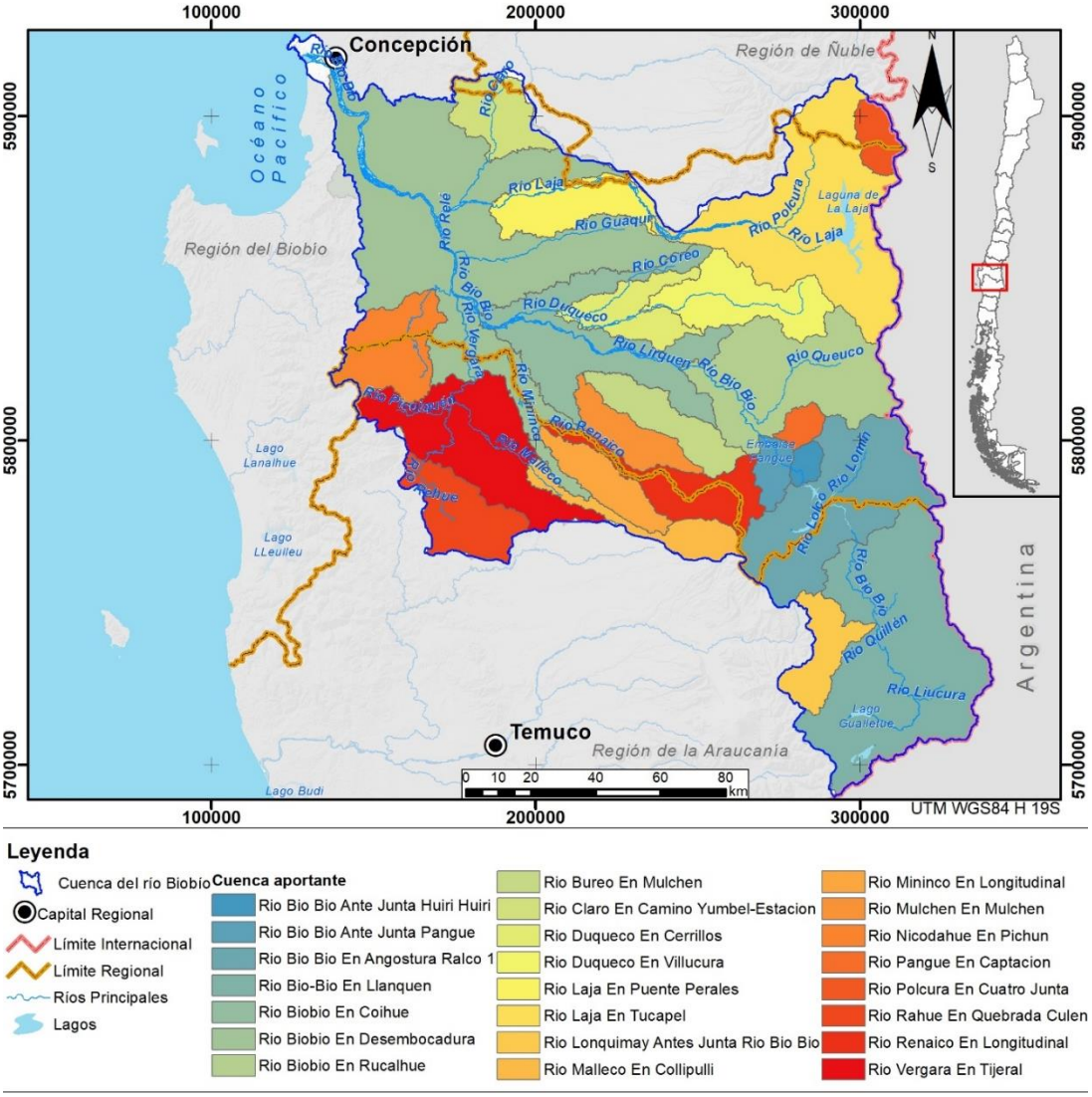



Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca DGA 2021

Figura 6. Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC) definidos en la cuenca del río Biobío.

En cuanto a DAA superficiales consuntivos existen un total de 434 $m^3/s$ asignados a toda la cuenca siendo la subcuenca río Laja Alto quien posee la mayor cantidad de DAA del orden de 130 $m^3/s$. En aguas subterráneas el total de la cuenca es de 15,9 $m^3/s$ siendo la subcuenca río Biobío entre Ríos Vergara y río Laja la subcuenca que posee la mayor cantidad de DAA con un total de 4,3 $m^3/s$.

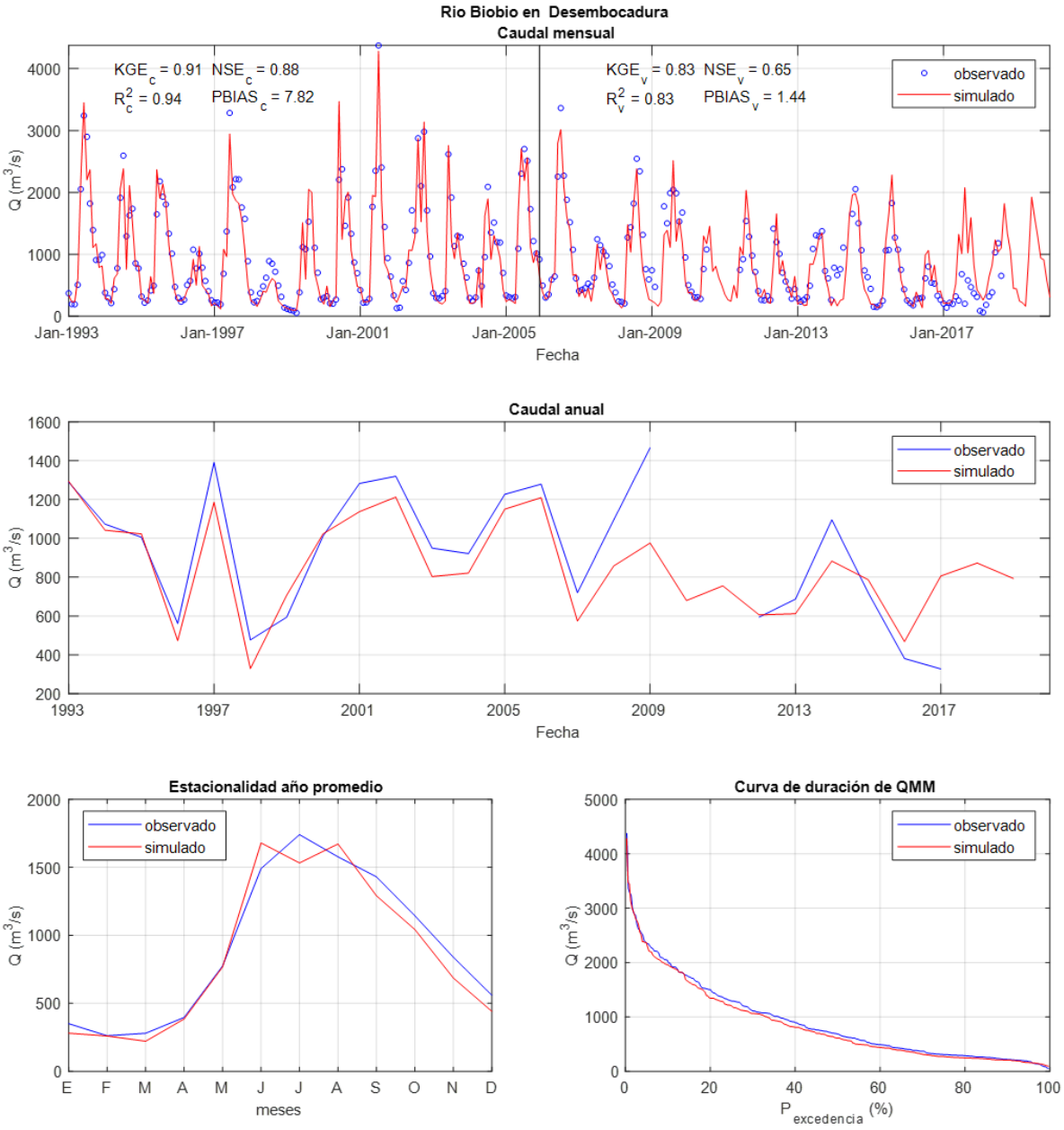
**Balance de agua (oferta y demanda, disponibilidad física).** Para la modelación se seleccionó el modelo WEAP para los flujos de aguas superficiales y el modelo MODFLOW para el agua subterránea. El dominio de WEAP abarca toda la cuenca hidrográfica separando por sus cuencas en donde exista información. Por su parte la modelación de agua subterránea considera a los sectores acuíferos ubicados principalmente en el Valle central. WEAP requiere de datos climatológicos y de cobertura vegetal para estimar los componentes del balance hídrico. Mientras que MODFLOW requiere para su implementación i) la geometría y dominio del sistema a modelar y su malla para la resolución del problema mediante el método de diferencias finitas, ii) parámetros o propiedades físicas del sistema a modelar, iii) condiciones de borde en los límites del sistema y condiciones iniciales de funcionamiento y iv) la descripción de los forzantes del sistema para régimen no permanente. Para la calibración y validación se utilizaron 24 estaciones fluviométricas con al menos 10 años de registros continuos entre los años 1985-2016. La Figura 7 muestra las subcuencas utilizadas para la modelación.




Fuente: Elaboración propia en base a cuencas CAMELS

Figura 7. Subcuencas utilizadas en la modelación.

De acuerdo con los índices de desempeño para la mayoría de las cuencas modeladas el modelo fue clasificado como "Bueno" o "Muy bueno". Los niveles freáticos mostraron también una buena correlación con los pozos de observación. La Figura 8 muestra los resultados de la componente superficial del modelo acoplado WEAP-MODFLOW para la estación Biobío en Desembocadura.

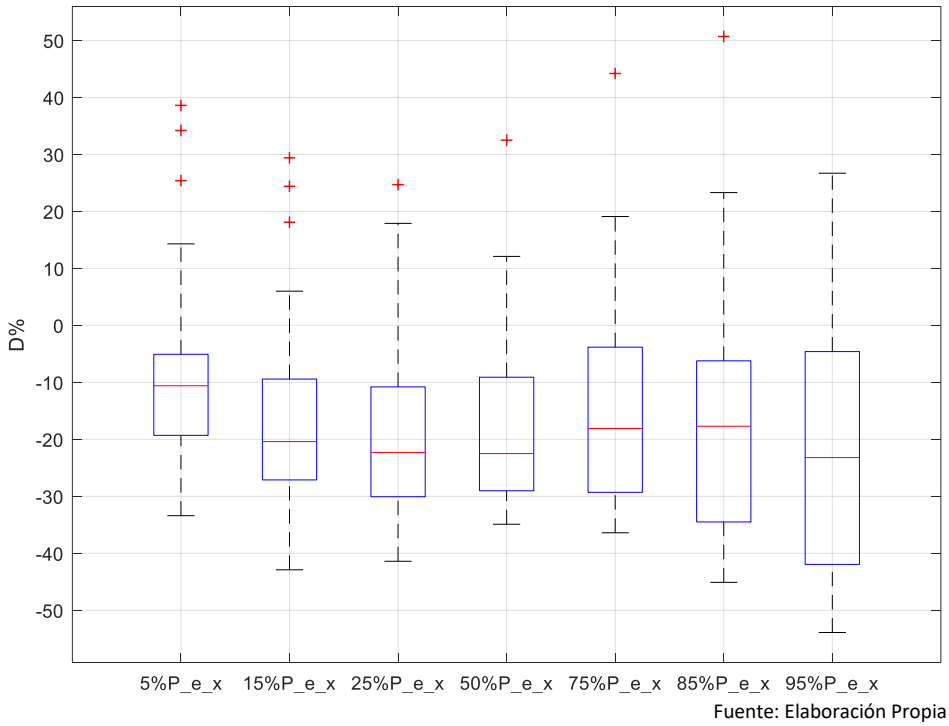



Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Resultados de componente superficial del modelo acoplado WEAP-MODFLOW para la estación Biobío en Desembocadura.

Para la simulación de los escenarios futuros se utilizó el modelo CCSM4. En términos generales, en lo que respecta a niveles subterráneos, los hidrogramas muestran un descenso de éstos en el periodo 2019-2050, en relación con el periodo base (1993-2019)

(Figura 9). En lo que respecta a caudales superficiales, se observa, en la mayoría de las cuencas, una disminución. Los caudales más grandes (de menor probabilidad de excedencia) se reducen en aproximadamente un 10%, mientras que los caudales de estiaje se reducen en torno a 20%. También se observó un cambio en la variación estacional de los caudales. Se determinó la oferta sustentable considerando los criterios definidos por el Manual de Normas y Procedimientos para la Administración de Recursos Hídricos del DARH (DGA, 2008).

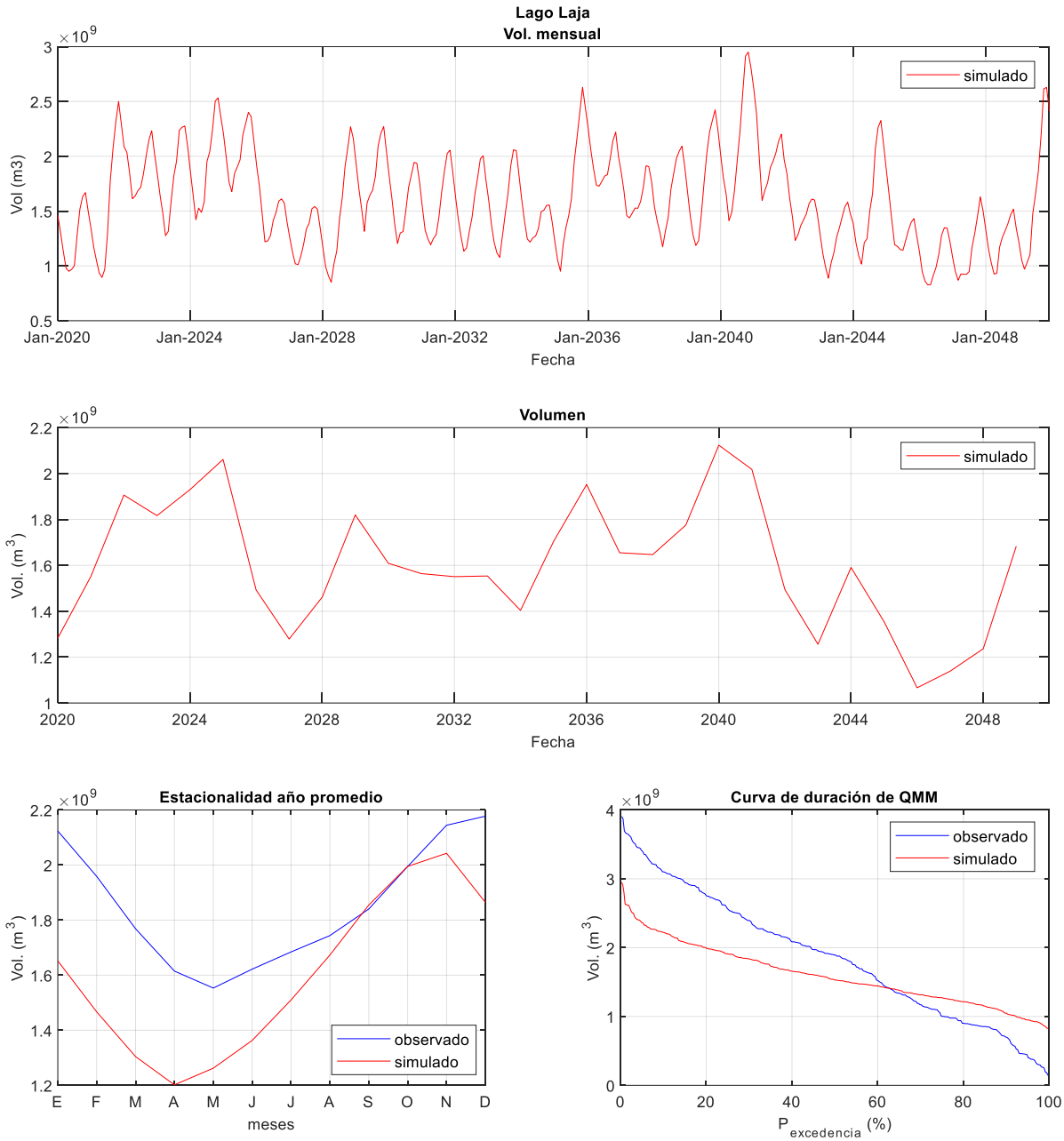



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9. Cambio porcentual de los caudales de diferente probabilidad de excedencia en las cuencas del río Biobío para el escenario de Caso Base respecto del periodo de calibración.

Se calcularon caudales de diferente probabilidad de excedencia, junto con el caudal ecológico para cada punto de control del modelo y con ello se determinó la oferta superficial sustentable de derechos de aprovechamiento permanentes y eventuales. Se concluyó que la mayoría de las cuencas del valle central se detecta una sobreasignación de derechos de aprovechamiento de tipo permanente, en particular, en estiaje. En dichas cuencas se observa además que los caudales de estiaje son menores que aquellas con origen en la cordillera. En cambio, en la oferta de derechos eventuales no se identifica una sobreasignación de derechos de aprovechamiento.

Finalmente se analizaron dos escenarios de gestión, uno para analizar la nueva regla de operación del Lago Laja y uno para estudiar la alternativa de utilizar los canales de riego como fuentes de recarga artificial SHAC Laja. En relación con la nueva regla de operación del lago Laja se observó que con esta regla los niveles del lago tienden a estar más estables en comparación a lo observado en el pasado (Figura 10). Se refleja en los niveles simulados una menor asignación de agua en periodos de bajas precipitaciones, y una mayor asignación en años hidrológicos favorables.




Fuente: Elaboración Propia

Figura 10. Volúmenes simulados del Lago Laja, considerando la regla de operación del convenio DOH (2017), y comparativa con observaciones del periodo 1990 – 2015.

En el escenario de recarga del SHAC Laja se modeló una recarga un 60% superior a la estimada sin modelar esta alternativa, por tanto, la alternativa de gestión de recarga artificial de acuíferos resulta efectiva en casos de escenarios de escasez hídrica y/o de abatimiento de acuíferos (Tabla 2).

Tabla 2. Escenario Gestión 3 (E3), Balance Hídrico Subterráneo 2020-2050.

| **Entradas ($m^3/s$)** | **Laja** | **BB Medio** | **Renaico** | **Vergara** | **BB Superior** | **Total** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Flujo subterráneo | 12,249 | 32,624 | 5,650 | 6,695 | 2,005 | 59,222 |
| Entrada desde carga constante | 0,114 | 0,971 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,085 |
| Recarga desde río | 4,782 | 18,348 | 0,032 | 0,043 | 1,737 | 24,942 |
| Recarga superficial | 9,044 | 24,574 | 6,303 | 10,523 | 0,266 | 50,710 |
| Total | 26,189 | 76,517 | 11,985 | 17,260 | 4,008 | 135,958 |
| **Salidas ($m^3/s$)** | **Laja** | **BB Medio** | **Renaico** | **Vergara** | **BB Superior** | **Total** |
| Flujo subterráneo | 9,364 | 36,300 | 7,388 | 6,655 | 2,651 | 62,359 |
| Afloramiento río | 13,365 | 30,955 | 4,220 | 9,219 | 1,244 | 59,003 |
| Pozos de bombeo | 3,462 | 7,188 | 0,376 | 1,386 | 0,113 | 12,524 |
| Descarga hacia carga constante | 0,000 | 2,069 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 2,069 |
| Total | 26,190 | 76,511 | 11,985 | 17,260 | 4,008 | 135,954 |
| | | | | | | |
| Variación de Almacenamiento ($m^3/s$) | 1,819 | -1,328 | -2,782 | -0,687 | -0,051 | -0,606 |
| Error de Balance | -0,002 | 0,006 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,004 |
| Error de Balance (%) | 0,03 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |

Fuente: Elaboración Propia

## 1.4 BRECHAS IDENTIFICADAS

Para la determinación de brechas se consideró criterios de desarrollo, situación tendencial y la situación futura, junto con las distintas visiones y expectativas de los usuarios y actores del territorio. Las brechas fueron estimadas a partir de la relación entre el diagnóstico territorial y una imagen objetivo que apunta a facilitar la gestión de los recursos hídricos en la cuenca.

El proceso de construcción participativa del plan de gestión estuvo orientado a identificar, con los distintos actores, las iniciativas que pudiesen disminuir las brechas identificadas en el diagnóstico. En este sentido se definieron las siguientes 8 líneas de acción:

- Fortalecimiento de Organizaciones de Usuarios de Aguas
- Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos
- Infraestructura hidráulica
- Monitoreo de los recursos hídricos
- Calidad de aguas
- Riesgos asociados a las aguas de la cuenca
- Información respecto al mercado del agua y DAA
- Ámbito social y cultural

**Fortalecimiento de Organizaciones de Usuarios de Aguas.** Las Organizaciones de Usuarios de Aguas tienen el objetivo de distribuir el agua entre los titulares de derechos, construir, explotar, conservar y mejorar las obras de captación, acueductos y otras que sean necesarias para su aprovechamiento. Lo anterior, requiere que sean capaces de cumplir con cuatro funciones principales relacionadas a la gestión del recurso: a) operación, b) mantención, c) financiamiento, y d) resolución de conflictos.

Sin embargo, problemas relacionados al desarrollo legal, técnico y organizacional, repercuten en que muchas de estas organizaciones no realicen adecuadamente sus funciones básicas. Por esto, surge la necesidad de contar con organizaciones de usuarios funcionales, que por una parte cumplan cabalmente con sus objetivos, realicen sus funciones de manera óptima y, por otro lado, que sean interlocutores válidos ante la institucionalidad y la sociedad en su conjunto. Esta necesidad fue claramente identificada a fines del siglo XX, y con ello se toma conciencia de que el fortalecimiento de estas organizaciones debe ser a través de un proceso participativo orientado al desarrollo de capacidades para lograr el empoderamiento de su funcionalidad y el desarrollo de redes con el entorno institucional, entendiendo a este como actores públicos, privados y la sociedad civil.

En este campo de acción en la cuenca del río Biobío se detectaron las siguientes brechas:

1) Pocas capacidades organizacionales en dirigentes y usuarios de los ríos Malleco y Renaico. Además, sus estatutos dificultan la toma de decisiones.
2) Escasa información actualizada de las OUA existentes en la cuenca del río Biobío.
3) Existe una baja cobertura de los instrumentos o programas de transferencia tecnológica analizados. Además, la gran mayoría no cuentan con mediciones de resultados. En cuanto a la accesibilidad de los instrumentos, se presenta una baja accesibilidad, producto de que la mayoría de los programas se realizan a grupos focalizados.
4) No existe una plataforma que integre información pública y privada de recurso hídrico. La información se encuentra distribuida en diferentes instituciones.

**Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos**. El desarrollo sustentable de los recursos hídricos subterráneos y su manejo dependen en gran medida del conocimiento de los sistemas de acuíferos, de la recarga espacial y temporal de las aguas subterráneas y de la tasa de descarga, así como del almacenamiento de aguas subterráneas. Se debe dar atención específica al manejo de recursos hídricos subterráneos no renovables, cuya explotación siempre lleva a una reducción en las existencias de este recurso.

En el diagnóstico se detectaron las siguientes brechas:

1) Existe información dispersa e incompleta sobre los usuarios de aguas subterráneas, tanto legales como ilegales
2) La definición actual de los SHACs no corresponde con los límites hidrogeológicos naturales de la cuenca.
3) Se requieren sistemas de control efectivo de extracciones implementados en la cuenca

**Infraestructura hidráulica.** En general, la infraestructura existente en los canales es defectuosa, y se hace más defectuosa mientras más al sur se encuentre la organización, situación atribuible principalmente a la cantidad que se disponga del recurso agua.

Sin embargo, son pocos los estudios que abordan directamente el estado de la infraestructura hidráulica de la cuenca del río Biobío, por lo que su estado actual es algo desconocido.

Por otra parte, no basta solo conocer el estado estructural de una obra de acumulación, conducción o distribución, sino, que para aumentar la eficiencia en el uso y operación de los sistemas hidráulicos es necesario desarrollar herramientas para promover la adopción de mejores métodos de operación de estos.

En este sentido, en la cuenca del río Biobío se detectaron las siguientes brechas:

1) No existen estudios que consideren en detalle la totalidad de la infraestructura de riego de la cuenca. El estudio más reciente catastró bocatomas en el año 2000.
2) No existen registros sistematizados de obras de aforo al ingreso de canales.
3) No existen antecedentes de la eficiencia de aplicación del agua intrapredial.

**Monitoreo de los recursos hídricos.** La red hidrométrica, debe dar solución a las distintas problemáticas que tienen relación con la gestión, manejo y disponibilidad de los recursos hídricos, para los distintos usuarios de esta, los que pueden provenir de los sectores público (investigación hídrica, fiscalización, conservación, etc.), como privado (minería, energía, agricultura, sector sanitario, etc.), proyectándose en el corto, mediano y largo plazo.

Durante los últimos años, la demanda de información de recursos hídricos ha cambiado en varios aspectos. El crecimiento demográfico y el desarrollo de las fuentes productivas del país han tenido como consecuencia la necesidad de disponer de más y mejores datos hidrométricos, como por ejemplo de caudales, recursos hídricos subterráneos en nuevas zonas geográficas, como también densificar el número de estaciones de las redes (DGA, 2014).

En este ámbito, en la cuenca del río Biobío se detectaron las siguientes brechas:

1) No existe información sobre el manto nival y el estado de los glaciares.
2) No existe una red de monitoreo de humedales en la cuenca del Río Biobío
3) Falta de información hidrometeorológica distribuida para gestión y estudios.

**Calidad de aguas.** La DGA posee una extensa red de estaciones de monitoreo de calidad de agua superficial, subterránea, lagos y embalses, evaluando más de 90 parámetros químicos. Además, la Superintendencia de Medio Ambiente, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Ministerio de Medio Ambiente, entre otras, se concentran en conocer y gestionar el estado de calidad de aguas de cauces naturales, principalmente, en desmedro de los artificiales, que no poseen por parte del Estado una red clara de control, monitoreo y gestión.

Desde un punto de vista normativo e institucional, en Chile no existe un instrumento legal que defina claramente obligaciones y responsabilidades de distintos actores, sobre todo en la calidad de agua de cauces artificiales (canales de riego), siendo la principal referencia la Norma Chilena 1333 Requisitos de Calidad para Diversos Usos, que data del año 1978.

En este sentido, en la cuenca del río Biobío se detectaron las siguientes brechas:

1) Falta de información en torno a los flujos de contaminantes que recibe la cuenca (especialmente nutrientes)
2) Actualmente los acuíferos superficiales de la cuenca poseen niveles elevados de ciertos nutrientes.

3) Falta de información respecto de alternativas de reutilización y regeneración de aguas para sectores e industrias específicas.
4) En la actualidad sólo existen algunos monitoreos puntuales de las aguas subterráneas de la cuenca, y en algunas zonas de vigilancia.

**Riesgos asociados a las aguas de la cuenca.** Comúnmente en hidrología es sencillo calcular eventos extremos, como lo son las crecidas y sequías, si se dispone de una base de datos con registros extensos. Por otro lado, existen índices más complejos que requieren análisis detallados de los fenómenos y que pueden considerar la modelación de relaciones precipitación-escorrentía. Además, estando actualmente en un escenario de cambio climático, es necesario entender y determinar una conexión entre este y estos eventos extremos.

Existe incerteza del efecto que pueda tener sobre los habitantes de la cuenca los posibles aumentos en la frecuencia o severidad de eventos como sequías e inundaciones. Además, dada la importancia que significa diseñar obras o medidas de contingencia frente a este tipo de eventos, es necesario analizar la ocurrencia de eventos extremos.

En la cuenca se detectan las siguientes brechas:

1) Es necesario generar más estudios sobre el efecto que diferentes proyecciones y/o simulaciones de eventos extremos asociados al cambio climático.
2) Existen zonas vulnerables ante eventos de inundación

**Información respecto al mercado del agua y DAA.** El mercado del agua parece haber estado significativamente más activo en los últimos años que durante las primeras dos décadas de su existencia. Sin embargo, siguen siendo informal y carente de transparencia, lo que redunda en una gran dispersión de precios, costos de transacción adicionales, y una asimetría de información entre los participantes del mercado que puede llevar a una redistribución poco equitativa del agua y sus actividades económicas relacionadas con respecto a las ganancias del intercambio.

Respecto a mercado y DAA en la cuenca del río Biobío se detectan las siguientes brechas:

1) Escasa información actualizada de la disponibilidad de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales en la cuenca hidrográfica
2) No existe información suficiente para caracterizar espacialmente el dinamismo del mercado del agua.

**Ámbito social y cultural.** Debido a las características particulares tan demandantes del agua, la coordinación intra- e intersectorial es muy importante dentro de este sector. Estas características plantean la pregunta de cómo coordinarse mejor entre las diferentes entidades del sector, pero también con entidades de sectores usuarios de agua y sus respectivas leyes, actividades, y planes. Otro problema se encuentra en el área legal, donde el código de aguas no entra necesariamente en conflicto con las leyes principales de otros sectores como el eléctrico o la minería, pero podría ser considerado secundario y facilitar la puesta en vigor de las otras leyes. Estos y otros temas, como la falta de complementariedad en las funciones, la falta de intercambio de información clave (que además se encuentra fragmentada), y la existencia de diferentes superposiciones, crean una serie de interferencias con otras instituciones dentro y fuera del sector del agua (Banco Mundial, 2011).

En este ambito se detectaron las siguientes brechas:

1) Baja participación y acceso muy reducido de las mujeres a las instancias de decisión respecto de los recursos hídricos.
2) Los aspectos sociales y culturales de la relación de las comunidades pehuenche con el agua, no se reconocen en la gestión actual de los recursos hídricos de la cuenca.
3) Las personas naturales y jurídicas se ven permanente afectadas por la acción intermitente, limitada, no vinculante y descoordinada entre las instituciones públicas.

**Sugerencias, ideas y propuestas, de los informantes de las actividades PAC.** Las sugerencias, ideas y propuestas proporcionadas (Tabla 3) por los informantes abarcaron diversos temas. Estas, fueron agrupadas en dos categorías: Propuestas efectuadas en el marco de la Encuesta Diagnóstica e Iniciativas propuestas en las actividades PAC.

Propuestas efectuadas en el marco de la Encuesta Diagnóstica:

Tabla 3. Propuestas realizaras a actores relevantes.

| Informante | Propuesta / Comentario | Respuesta / Acción |
|---|---|---|
| Juan Vallejos, Asoc. Canalistas Biobío Negrete | Juntas de vigilancia en todos los ríos de la cuenca y una mesa de coordinación de ellas. | Se debe abordar en las siguientes acciones propuestas:<br>1. Programa fortalecimiento de las OUA de los ríos Renaico y Malleco<br>2. Catastro y diagnóstico de organizaciones de usuarios de aguas de la cuenca del río Biobío |
| Gabriel Quijada, Municipalidad de Nacimiento | Estudio de la afectación en cuanto a calidad y cantidad de agua disponible en la cordillera de Nahuelbuta por la introducción y plantación de especies exóticas (Pino y Eucalipto). | Se debe abordar en las siguientes acciones propuestas:<br>1. Estudio de las fuentes de contaminación puntual y difusa de la cuenca del río Biobío<br>1. 2. Desarrollo de un plan de manejo de contaminantes asociados a nutrientes |
| Francisco Anabalón, Bo Paper | Debería existir un sólo ente regulador o fiscalizador del uso del agua en la cuenca y cualquier proyecto o iniciativa nueva debería pasar por este ente para ver sus implicancias del mediano y largo plazo para la cuenca. | Se debe abordar en la siguiente acción propuesta:<br>Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del río Biobío |
| Luis Duguet, CONADI | Es indispensable un catastro y diagnóstico de organizaciones de usuarios de aguas de la cuenca del río Biobío. | Se debe abordar en la siguiente acción propuesta:<br>Catastro y diagnóstico de organizaciones de usuarios de aguas de la cuenca del río Biobío |
| Robinson Rojas, SEREMI Agricultura- CNR | Estudios y evaluación de nuevas fuentes de agua, análisis de alternativas para suplir demanda de agua para consumo, búsqueda de incentivos para la protección del bosque nativo sobre todo en la ribera de los cauces Naturales. Proteger las zonas naturales de infiltración. Gestionar la formación de comunidades de aguas subterráneas. Incorporar tecnología de medición para la correcta aplicación de riego (No aplicar más agua de la que necesitan los cultivos), Analizar la posibilidad de la utilización de canales no revestidos como zonas de infiltración. Educar a los regantes para la | Se simuló un escenario específico de gestión para determinar el efecto de recarga de acuíferos. Se propone una acción de estudio diagnóstico y propuesta de soluciones para abastecimiento de agua potable de zonas críticas.<br>Gestionar la formación de comunidades de aguas subterráneas y proponer a regantes la utilización de tranques nocturnos se debe abordar en la acción:<br>Modelo de transferencia tecnológica en gestión y uso del agua. |

| | | |
|---|---|---|
| | utilización de tranques nocturno o de fin de semana para realizar riego por turnos. | |
| Patricio Pérez, DGA | Desde el punto de vista hidrogeológico, gestionar vínculos de cooperación y trabajo colaborativo con SERNAGEOMIN, en lo que respecta a modelo conceptuales más focalizados, en el caso de requerirse. | Se debe abordar en la siguiente acción propuesta:<br>Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del río Biobío |
| Víctor Montalba, Municipalidad de San Pedro de la Paz | Estudio de impacto intercultural del origen y uso del agua. | Se debe abordar en la siguiente acción propuesta:<br>Estudio para formular un modelo intercultural de gestión del agua en la cuenca alta del río Biobío |
| Ricardo Figueroa, U de C | No se puede hacer gestión sin información y con un código de agua que permite sacar agua de la cuenca sin preguntar a nadie, solo comprando derechos. A lo más se puede gestionar información disponible e incentivar buenas prácticas de gobernanza. | Se debe abordar en las siguientes acciones propuestas:<br>1. Plataforma de Gestión Integrada de Información de recursos hídricos<br>2. Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del río Biobío<br>3. Estudio para formular un modelo intercultural de gestión del agua en la cuenca alta del río Biobío |
| Gabriel Artigas, Municipalidad de Angol | Acuerdo voluntarios para gestión de cuencas, para las subcuencas tributarias. | Se debe abordar en las siguientes acciones propuestas:<br>1. Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del río Biobío<br>2. Programa fortalecimiento de las OUA de los ríos Renaico y Malleco<br>3. Modelo de transferencia tecnológica en gestión y uso del agua |
| Víctor Reinoso, MOP | Estudio de aguas subterráneas y acuíferos | Se debe abordar en la siguiente acción propuesta: "Realizar un análisis de la actual limitación de SAHC". |
| Javiera Contreras, DOH | Diagnóstico disponibilidad recurso subterráneo en provincia de Arauco, principalmente zona costera e Isla Santa María. | La zona costera de la provincia de Arauco no corresponde a este PEGH. Se debe abordar el PEGH correspondiente. |
| Juan Gajardo, CONAF | Determinar los gastos de agua que tienen todos los rubros productivos en la cuenca | Se debe abordar en la siguiente acción propuesta:<br>Plataforma de Gestión Integrada de Información de recursos hídricos |
| Rodrigo Riquelme, SISS | Es imperativo resguardar la cantidad de agua cruda para producir agua potable, especialmente en los sistemas sanitarios rurales, focalizándose en la eficiencia de los sistemas productivos y de distribución (bajar pérdidas en la red, por ejemplo), así como su uso al interior de los inmuebles y la reutilización de estas (ejemplo aguas grises). En esta misma línea, explorar tecnologías de acumulación de agua cruda, embalses, recarga de acuíferos, etc. | Se propone una acción de estudio diagnóstico y propuesta de soluciones para abastecimiento de agua potable de zonas críticas.<br>Para abordar la reutilización de aguas, se propuso la acción:<br>Analizar la reutilización y regeneración de las aguas residuales del sector sanitario e industrial de la cuenca. |

Fuente: Elaboración propia

Iniciativas propuestas producto de las actividades PAC:

Las actividades PAC realizadas en este estudio permitieron complementar las iniciativas o acciones propuestas por este estudio y visualizar nuevas brechas, en este sentido, en la cuenca del río Biobío se detectaron las siguientes brechas:

1) No existe claridad sobre el uso prioritario del agua para consumo humano. Se requieren estudios que diagnostiquen zonas de escasez y propongan soluciones de sistemas de agua potable rural. Además, no existen estudios que abarquen en detalle la totalidad de la infraestructura de sistemas APR, su estado actual estado operativo, mantención y necesidades de nuevas inversiones.
2) En Chile la vigilancia de calidad de agua, se realizar por normativa basada en métodos normalizados, con más de 40 años de antigüedad (Nch 409/01, Nch 1333), los cuales, por su fundamento analítico, solo pueden dar cuenta a lo sumo del 10% de la cantidad total de bacterias contenidas en el agua. Por este motivo, la normativa analítica actual de ninguna forma provee un marco metodológico, con el nivel de precisión y sensibilidad, que el análisis de calidad microbiológica de aguas reclama, para tributar a modelos de calidad y de vigilancia epidemiológica en el escenario de emergencia de nuevos patógenos que propicia en escenario de cambio climático.
3) Falta de definición de deslindes de cauces de ríos aportantes y del propio río Biobío. Esto redunda en intervenciones sin control del mismo cauce.

## 1.5 PLAN DE ACCIÓN

Del análisis de las brechas y oportunidades de mejoramiento se proyectaron las posibles soluciones que fueron analizadas mediante jornadas de participación ciudadana para determinar las iniciativas definitivas. En este sentido, en la Tabla 4 se presentan 27 propuestas de posibles soluciones analizadas agrupadas en 8 líneas de acción. Cabe destacar que la cartera de iniciativas presentada fue sometida a una encuesta de priorización, además de ser complementada y discutida por medio de las actividades PAC.

Tabla 4. Líneas de acción e iniciativas propuestas.

| **Línea de acción** | **Nombre acción** |
|---|---|
| Ámbito social y cultural | Incentivar la incorporación de las mujeres en la gestión de los recursos hídricos. |
| | Estudio para formular un modelo intercultural de gestión del agua en la cuenca alta del río Biobío |
| | Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del río Biobío |
| Calidad de aguas | Estudio de las fuentes de contaminación puntual y difusa de la cuenca del río Biobío |
| | Desarrollo de un plan de manejo de contaminantes asociados a nutrientes |
| | Analizar la reutilización y regeneración de las aguas residuales del sector sanitario e industrial de la cuenca. |
| | Estudio diagnóstico e implementación de sistemas de vigilancia epidemiológicas. |
| Fortalecimiento de OUA | Programa fortalecimiento de las OUA de los ríos Renaico y Malleco |
| | Catastro y diagnóstico de organizaciones de usuarios de aguas de la cuenca del río Biobío |
| | Modelo de transferencia tecnológica en gestión y uso del agua |
| | Plataforma de Gestión Integrada de Información de RRHH |
| | Estudio de definición de deslindes propietarios |
| | Actualización del catastro de aguas subterráneas (con y sin registro DGA) |

| Línea de acción | Nombre acción |
|---|---|
| Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos | Redefinición de SHACs |
| | Mejorar la red de monitoreo de aguas subterráneas en la cuenca (nivel y caudal) |
| Información respecto al mercado del agua y DAA | Catastro de distintas fuentes para actualizar la información existente en el CPA |
| | Diagnóstico para desarrollar un visualizador espacializado del mercado del agua |
| Infraestructura hidráulica | Diagnóstico de infraestructura de riego en la cuenca del río Biobío. |
| | Diagnóstico y propuestas de monitoreo de extracciones en canales (telemetría bocatomas) |
| | Diagnóstico intrapredial de eficiencia del uso del agua y equipos de riego |
| | Estudio diagnóstico y propuesta de soluciones para sistemas APR |
| Monitoreo de los recursos hídricos | Red de Monitoreo en nieve y glaciares |
| | Red de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca del río Biobío |
| | Implementación de una red de monitoreo de humedales y sus ecosistemas (Calidad de aguas, balance hídrico, entre otros) |
| | Ampliación de la red instrumental nacional |
| Riesgos asociados a las aguas de la cuenca | Realizar un análisis de eventos extremos asociados al cambio climático (precipitaciones máximas, sequías, olas de calor). |
| | Analizar la vulnerabilidad de áreas críticas respecto a inundaciones (análisis de crecidas producto de lluvias o acción humana). |

Fuente: Elaboración propia

Las iniciativas fueron agrupadas en 3 categorías según la clasificación del Ministerio de Desarrollo Social y Familia:

- Estudio básico: Son los gastos por concepto de iniciativas de inversión destinadas a generar información sobre recursos humanos, físicos o biológicos que permiten generar nuevas iniciativas de inversión.
- Programa: Son los gastos por concepto de iniciativas de inversión, destinadas a incrementar, mantener o recuperar la capacidad de generación de beneficios de un recurso humano o físico (natural) y que no corresponden a aquellos inherentes a la institución que lo formula.
- Proyecto: Son los gastos destinados a financiar estudios preinversionales, de prefactibilidad, factibilidad y diseño, los que a su vez sirven para generar información que permite decidir y llevar a cabo la ejecución futura de una iniciativa de un proyecto de inversión.

### 1.5.1 Iniciativas Ámbito social y cultural

Tabla 5. Acción 1, ámbito social y cultural.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Incentivar la incorporación de las mujeres en la gestión de los recursos hídricos. |
| **Brecha** | Baja participación y acceso muy reducido de las mujeres a las instancias de decisión respecto de los recursos hídricos. |
| **Objetivo** | Implementar acciones de equidad de género para hacer sustentable la gestión del agua en la cuenca del Biobío. |
| **Descripción** | Diseño y ejecución de acciones para la que las mujeres aumenten su participación en la gestión del agua. Etapa de diseño de acciones de sensibilización, capacitación, incentivos para las organizaciones e instituciones y promoción de las organizaciones de mujeres. Etapa de ejecución de acciones. Etapa de evaluación de la intervención. |
| **Línea de acción** | Ámbito social y cultural |
| **Tipo de medida** | Programa |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 6.000 -7.000 UF |
| **Tiempo de implementación** | Mediano plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Diseño de acciones de sensibilización, capacitación, incentivos.<br>2) Ejecución de un programa de sensibilización y capacitación.<br>3) Implementación de incentivos para la incorporación de las mujeres en la gestión del agua.<br>4) Fortalecimiento de organizaciones de mujeres.<br>5) Evaluación de la intervención. |
| **Impacto sobre la brecha** | Las mujeres requieren aumentar su participación en la gestión del agua, desde una base de conocimientos y liderazgo, en ambientes que propendan a reducir las asimetrías. Se fortalecerá además la organización para potenciar su presencia y representación. |
| **Programa de seguimiento y control** | Dirección Regional de Aguas podrá hacer seguimiento a las necesidades y avances de la estrategia. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 12 |
| **Hitos e indicadores** | Número de acciones propuestas<br>Número de mujeres capacitadas<br>Número de Talleres realizados. |

Tabla 6. Acción 2, ámbito social y cultural.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Estudio para formular un modelo intercultural de gestión del agua en la cuenca alta del Biobío |
| **Brecha** | Los aspectos sociales y culturales de la relación de las comunidades pehuenche con el agua, no se reconocen en la gestión actual de los recursos hídricos de la cuenca. |
| **Objetivo** | Compatibilizar el modelo chileno de gestión del agua, con el uso consuetudinario del agua, que hacen las comunidades pehuenches. |
| **Descripción** | Esta acción consiste en realizar un estudio para construir desde un enfoque de interculturalidad espacios de comunicación y acción, entre el modelo chileno de gestión hídrica y el uso consuetudinario del agua que hacen las comunidades pehuenches. Esto considera al menos el conocimiento intercultural, el diálogo y la colaboración intercultural, como también la toma de decisiones y acción intercultural. Este estudio, permitiría brindar a las partes involucradas en la cuenca alta del río Biobío información para avanzar en la construcción de más y mejores mecanismos de convivencia en el ámbito hídrico. |
| **Línea de acción** | Ámbito social y cultural |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 18.000 y 20.000 |
| **Tiempo de implementación** | Largo plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 meses |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Estudio concepto de interculturalidad en la administración del agua, 2) Barreras, 3) Perspectiva de los actores y 4) Formulación de modelo |
| **Impacto sobre la brecha** | Compatibilizar la gestó administrativa del agua entre las comunidades pehuenche y los propietarios de DAA |
| **Programa de seguimiento y control** | El Gobierno Regional, la Dirección Regional de Aguas y las Municipalidades podrán hacer seguimiento a las necesidades y avances de la estrategia. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 24 |
| **Hitos e indicadores** | Número de Talleres realizados.<br>Al menos una Consulta Indígena<br>Un plan de compatibilización del modelo chileno de gestión del agua. |

Tabla 7. Acción 3, ámbito social y cultural.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del Biobío |
| **Brecha** | Las personas naturales y jurídicas se ven permanente afectadas por la acción intermitente, limitada, no vinculante y descoordinada entre las instituciones públicas. |
| **Objetivo** | Fortalecer la gestión del agua de la cuenca del Biobío, en un modelo de trabajo colaborativo, con planificaciones que involucren metas comunes y acciones concertadas. |
| **Descripción** | La institucionalidad publica planifican y ejecutan acciones en función de sus propios objetivos y metas. Por tanto, se propone generar un programa que permita que las instituciones relacionadas con el agua y el territorio, como es el caso de los municipios, puedan incorporar prácticas colaborativas para que entre todos puedan abordar objetivos y aporten con sus recursos. |
| **Tipo de medida** | Programa |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA - CNR |
| **Rango de financiamiento** | 6.000 a 7.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 36 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA - CNR |
| **Etapas** | 1) Capacitación para el trabajo colaborativo 2) Diseño colaborativo inter institucional 3) Ejecución de acciones 4) Evaluación de las acciones |
| **Impacto sobre la brecha** | Esta iniciativa tendrá impacto sobre un aspecto de la escasa coordinación de las acciones del aparato público y las instituciones del territorio. Se posibilita además que los usuarios del agua tengan algún grado de participación a la hora de planificar intervenciones, especialmente para el mediano plazo. |
| **Programa de seguimiento y control** | Dirección Regional de Aguas podrá hacer seguimiento a las necesidades y avances de la estrategia. |
| **Duración del seguimiento** | 12 |
| **Hitos e indicadores** | Número de actividades de capacitación realizadas<br>Número de personas capacitadas<br>Número de iniciativas propuestas<br>Manual para el trabajo colaborativo. |

### 1.5.1 Iniciativas calidad de aguas

Tabla 8. Acción 1, calidad de aguas

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Estudio de las fuentes de contaminación puntual y difusa de la cuenca del río Biobío |
| **Brecha** | Falta de información en torno a los flujos de contaminantes que recibe la cuenca (especialmente nutrientes) |
| **Objetivo** | Desarrollar un levantamiento de información acerca de todos los flujos de contaminantes que actualmente recibe la cuenca, con el fin de futuros planes de gestión, modelamiento matemático de la contaminación, entre otros. |
| **Descripción** | El estudio de los flujos de contaminantes son parte esencial de herramientas de análisis y toma de decisiones relacionadas con los ecosistemas y con la sociedad. Gracias al desarrollo de un modelo de cálculo que permita estimar espacial y temporalmente los flujos de contaminantes de la cuenca del río Biobío, permitiría identificar los factores asociados a la presencia de elevados niveles de nutrientes y de otros contaminantes, que pueden ir en aumento en el futuro. Además, esta información puede ser interceptada con la modelación hidrológica. Sin dudas que una herramienta de este tipo puede ser un poderoso aliado para la gestión y la toma de decisiones futuras. Los modelos matemáticos por desarrollar deben establecer un escenario de modelación que asegure caudales mínimos de dilución. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | MMA - CNR - CORFO - ANID |
| **Rango de financiamiento** | 10.000-15.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 36 |
| **Vida útil de la acción** | 15 años |
| **Encargado de Implementación de la acción** | Universidad en conjunto con entidades de gobierno (DGA, GORE, OTROS) |
| **Encargado de gestión** | Entidad de gobierno / universidad |
| **Etapas** | 1) Levantar información existente.<br>2) Identificar necesidad de monitoreo de flujos de contaminantes en matrices ambientales (agua, aire, suelo), para las diferentes subcuencas.<br>3) Implementar sistemas de monitoreo en la cuenca, para ajustar y validar el modelo.<br>4) Desarrollar un modelo basado en software para la estimación de flujos en la cuenca<br>5) Ajustar y validar la modelación desarrollada. |
| **Impacto sobre la brecha** | El impacto de esta iniciativa es el poder contar con una poderosa herramienta que permita tomar decisiones actuales y futuras en torno a las actividades humanas que estarían provocando mayores niveles de contaminación en la cuenca. |
| **Programa de seguimiento y control** | La entidad que financie la iniciativa, en conjunto con el GORE o la entidad que gobierno que participe como ejecutora o coejecutora con la Universidad, podrán efectuar el seguimiento y control |
| **Duración del seguimiento** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | Implementación de sistemas de monitoreo de terreno<br>Desarrollo de modelo<br>Ajuste y validación de modelo |

Tabla 9. Acción 2, calidad de aguas

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Desarrollo de un plan de manejo de contaminantes asociados a nutrientes |
| **Brecha** | Actualmente los acuíferos superficiales de la cuenca poseen niveles elevados de ciertos nutrientes. |
| **Objetivo** | Implementar un plan de gestión de contaminantes (nutrientes) que actualmente están presentes en las aguas superficiales de la cuenca del río Biobío. |
| **Descripción** | Gracias a la identificación de las principales fuentes de emisión de nutrientes en la cuenca, será posible desarrollar un plan de gestión tendiente a reducir los actuales y futuros niveles de este tipo de contaminantes. Gracias a esta acción, no solamente será posible preservar la calidad de las aguas, sino que también preservar los ecosistemas, promoviendo que las actividades agrícolas e industriales de la cuenca se desarrollen de forma sustentable. Lo anterior deberá desarrollarse con un programa de educación ambiental en los principales rubros de desarrollo en la cuenca. |
| **Tipo de medida** | Programa |
| **Posible fuente de financiamiento** | MMA - CORFO - ANID |
| **Rango de financiamiento** | 10.000-15.000 |
| **Tiempo de implementación** | Mediano plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | 15 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | Universidad en conjunto con entidades de gobierno (DGA, GORE, OTROS) |
| **Encargado de gestión** | Entidad de gobierno / universidad |
| **Etapas** | 1) Levantar información existente; 2) Identificar necesidad de monitoreo de nutrientes en diferentes puntos de la cuenca;3) Implementar sistemas de monitoreo de nutrientes en la cuenca; 4) Analizar fuentes de contaminación puntual; 5) Analizar fuentes de contaminación difusa; 6) Socialización de resultados con actores involucrados (gobierno, empresas, sociedad); 7) Desarrollo de un plan de gestión en base a la información generada |
| **Impacto sobre la brecha** | Esta iniciativa tenderá a reducir los actuales y futuros niveles de nutrientes presentes en la cuenca. Gracias a estas reducciones se estará mejorando la calidad de vida futura tanto de las personas como de la biota. |
| **Programa de seguimiento y control** | La entidad que financie la iniciativa, en conjunto con el GORE o la entidad que gobierno que participe como ejecutora o coejecutora con la Universidad, podrán efectuar el seguimiento y control |
| **Duración del seguimiento** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Modelo conceptual asociado a las emisiones de nutrientes de la cuenca<br>2) Identificación de las principales fuentes de emisión de nutrientes<br>3) Desarrollo de plan de gestión<br>4) Validación del plan de gestión con actores involucrados |

Tabla 10. Acción 3, calidad de aguas.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Analizar la reutilización y regeneración de las aguas residuales del sector sanitario e industrial de la cuenca. |
| **Brecha** | Falta de información respecto de alternativas de reutilización y regeneración de aguas para sectores e industrias específicas. |
| **Objetivo** | Evaluar la factibilidad de reutilizar y regenerar por industria o sector sanitario. |
| **Descripción** | Se espera analizar la factibilidad y proponer soluciones para contemplar el uso de las aguas tratadas con calidad acorde al D.S. 90/2001 para ser enviadas a un sistema de almacenamiento mediante un sistema de conducción y una posterior impulsión a un uso específico, el cual puede ser industrial, agrícola, minero, pecuario y/o doméstico. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | MMA-DGA-ANID-CORFO |
| **Rango de financiamiento** | 10.000 - 12.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 36 |
| **Vida útil de la acción** | 20 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | Universidades / Consultoras privadas |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Identificación de industrias y sectores sanitarios<br>2) Diagnóstico de calidad de aguas de los sectores específicos<br>3) Análisis de alternativas de solución y valorización<br>4) Propuestas de solución |
| **Impacto sobre la brecha** | Poner a disposición alternativas específicas para la regeneración y reutilización de aguas de acuerdo a las necesidades de la cuenca |
| **Programa de seguimiento y control** | El Ministerio del Medioambiente en conjunto con DGA podrían dar seguimiento y control de la iniciativa |
| **Duración del seguimiento** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Diagnóstico de calidad de aguas<br>2) Propuestas de solución<br>3) Número de soluciones por sector. |

Tabla 11. Acción 4, calidad de aguas.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Estudio diagnóstico e implementación de sistemas de vigilancia epidemiológicas. |
| **Brecha** | En Chile la vigilancia de calidad de agua, se realizar por normativa basada en métodos normalizados, con más de 40 años de antigüedad (Nch 409/01, Nch 1333), lo cuales, por su fundamento analítico, solo pueden dar cuenta a lo sumo del 10% de la cantidad total de bacterias contenidas en el agua. Por este motivo, la normativa analítica actual de ninguna forma provee un marco metodológico, con el nivel de precisión y sensibilidad, que el análisis de calidad microbiológica de aguas reclama, para tributar a modelos de calidad y de vigilancia epidemiológica en el escenario de emergencia de nuevos patógenos que propicia en escenario de cambio climático. |
| **Objetivo** | Diseñar, montar y poner en marcha una herramienta basada en análisis de microbioma, para el monitoreo de calidad microbiológica de aguas y vigilancia epidemiológica en escenario de cambio climático. |
| **Descripción** | Uno de los efectos de cambio climático en la biosfera, se presenta primariamente en modificaciones de parámetros físicos, fisicoquímicos y químicos ambientales (por ejemplo, incrementos concentración de $CO_2$ y temperatura entre otros. Estas modificaciones sostenidas el tiempo, desencadenan respuestas funcionales adaptativas de microorganismos ambientales, algunas de las cuales enfatizan el poder patógeno de microbios conocidos y propician la aparición de nuevos patógenos emergentes, que afectan al hombre, animales y plantas, para los cuales no hay tratamientos de contención ni terapias conocidas. Son en consecuencia entonces, agentes causales no solo de enfermedades con potencial epidémico/pandémico sino además del colapso económico y social.<br>Dentro del conjunto de estrategias para mitigar estos efectos, monitoreo de calidad microbiológica del agua, resulta ser una alternativa eficaz para conocer anticipadamente episodios de brotes, epidemias y pandemias, debido a que el agua es una matriz natural que moviliza y protege la gran mayoría de los Microrganismos vivientes.<br>Para abordar este desafío, las iniciativas de vigilancia epidemiológica basada en aguas residuales urbanas (en el caso de microrganismos patógenos de humanos) y de aguas continentales y de regadío (en el caso de patógenos de importancia veterinaria, forestal y agrícola), están siendo la alternativa que provee un escenario propicio de relación costo/beneficio, para desarrollar índices de calidad de aguas y modelos de alerta temprana de epidemias/pandemias. |
| **Tipo de medida** | Proyecto |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA - MINSAL |
| **Rango de financiamiento** | 35000 - 45000 |
| **Tiempo de implementación** | Mediano plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 48 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | UNIVERSIDAD EN CONJUNTO CON ENTIDADES DE GOBIERNO (DGA, GORE, OTROS) |
| **Encargado de gestión** | DGA / Universidad |
| **Etapas** | 1) Levantar información existente; 2) Diseño de las bases para desarrollar índices de calidad Microbiológica de aguas, acoplado a un sistema de vigilancia epidemiológica y alerta temprana de pandemias de patógenos conocidos y emergentes de importancia en salud Humana, animal y vegetal situado a plazo y contexto de un escenario cambio climático;3) Diseño y puesta en marcha un Laboratorio, con capacidad de determinar la composición taxonómica del Microbioma de aguas continentales (ríos lagos, aguas subterráneas), residuales, industriales y recreacionales; 4) Diseño y puesta en marcha de protocolos de bioseguridad, y procedimientos analíticos estandarizados de colecta, análisis e informe de resultados; 5) Diseño y habilitación de un sistema de gestión de información que permita registrar, almacenar y procesar la información del microbioma generada |
| **Impacto sobre la brecha** | Se espera contribuir a:<br>1.- Determinación de calidad microbiológica de matrices ambientales<br>2.- Vigilancia epidemiológica de patógenos actuales y emergentes |

| | |
|---|---|
| | 3.- Determinación de identidad y función metabólica de comunidades microbianas naturales. a |
| **Programa de seguimiento y control** | La entidad que financie la iniciativa, en conjunto con la Universidad, podrán efectuar el seguimiento y control |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Implementación de sistemas de monitoreo de terreno<br>2) Laboratorio operativo<br>3) Plataforma de vigilancia operativa. |

### 1.5.2 Fortalecimiento de OUA.

Tabla 12. Acción 1, fortalecimiento de OUA.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Programa fortalecimiento de las OUA de los ríos Renaico y Malleco |
| **Brecha** | Pocas capacidades organizacionales en dirigentes y usuarios de los ríos Malleco y Renaico. Además, sus estatutos dificultan la toma de decisiones. |
| **Objetivo** | Mejorar la eficiencia en el uso de las aguas de los ríos Malleco y Renaico mediante el fortalecimiento de sus OUA, reglamentaciones y estatutos. |
| **Descripción** | Actualmente, se desarrolla un programa de fortalecimiento de las OUA del río Malleco y prontamente uno similar en el río Renaico, en los cuales se fortalece el funcionamiento de las juntas de vigilancia recién organizadas y se constituyen legalmente algunas comunidades de aguas. Sin embargo, quedarán pendientes acciones fundamentales para el mejoramiento de la gestión de ambos territorios, como lo es la modificación de los estatutos de ambas juntas de vigilancia; constituir aquellas comunidades de aguas que queden pendientes en los programas que se desarrollan actualmente y fortalecer el funcionamiento de las organizaciones de base, en este caso las comunidades de aguas, toda vez que, no está considerado en las actuales iniciativas.<br>En ese sentido, la actualización de los registros de comuneros, el desarrollo de capacidades en los directorios y el mejoramiento de la participación en la junta general juegan un papel fundamental para la activación de estas comunidades. Además, el desarrollo de la infraestructura comunitaria y el desarrollo de redes con la institucionalidad para el buen uso de los instrumentos de fomento disponibles permiten dejar habilidades en estas comunidades que les permitan una mejor eficiencia en el uso de sus aguas y con ello, la calidad de vida de sus habitantes.<br>Es fundamental considerar elementos culturales en este programa, toda vez que, uno de los principales temas a enfrentar dice relación con las comunidades indígenas existentes. |
| **Tipo de medida** | Programa |
| **Posible fuente de financiamiento** | CNR/GORE |
| **Rango de financiamiento** | 9.000 a 11.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | CNR |
| **Encargado de gestión** | CNR |
| **Etapas** | 1)Sistematización de la información existente.; 2) Inserción en el territorio y contacto con actores relevantes; 3) Actualización de registros de comuneros y usuarios de las aguas; 4) Análisis participativo de los estatutos de las JV y propuestas de modificaciones según su aplicabilidad; 5) Capacitación a directores de comunidades de aguas; 6) Constitución de comunidades de aguas; 7) Apoyo en saneamiento de DAA y asesorías a usuarios en materia de riego y situaciones legales en sus DAA. |
| **Impacto sobre la brecha** | La modificación de estatutos de las juntas de vigilancia permitirá tomar decisiones conforme a derecho. Asimismo, la actualización de los registros de usuarios y la constitución legal de las comunidades de aguas contribuyen con |

| | |
|---|---|
| | una correcta individualización de los usuarios y con ello la toma de decisiones y gestión de cada OUA.<br>La capacitación viene a contribuir a desarrollar las capacidades en las organizaciones de bese, de modo que la participación en la organización de orden superior se haga en forma correcta. Con todo, se mejora la eficiencia en el uso de las aguas. |
| **Programa de seguimiento y control** | Las juntas de vigilancia pueden hacer el seguimiento y control del programa. Además, la institucionalidad local puede contribuir con ello. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 24 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Al menos dos comunidades de aguas organizadas<br>2) Estatutos modificados para cada OUA<br>3) Registros de comuneros y usuarios actualizados en cada OUA<br>4) 10 Dirigentes y usuarios capacitados en cada OUA.<br>5) al menos 2 Juntas generales de usuarios realizadas; actas de juntas generales y reuniones de directorios; rendición de cuentas (memoria anual) realizadas y otros indicadores del funcionamiento de una OUA. |

Tabla 13. Acción 2, fortalecimiento OUA

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Catastro y diagnóstico de organizaciones de usuarios de aguas de la cuenca del río Biobío |
| **Brecha** | Escasa información actualizada de las OUA existentes en la cuenca del río Biobío |
| **Objetivo** | Catastrar y diagnosticar la situación actual de las OUA de la cuenca del río Biobío. |
| **Descripción** | Estudio básico para catastrar las OUA de la cuenca hidrográfica del Biobío y diagnosticar su funcionamiento organizacional, estado de infraestructura y situación legal. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | CNR - DGA |
| **Rango de financiamiento** | 10.000-11.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | CNR - DGA |
| **Encargado de gestión** | CNR - DGA |
| **Etapas** | 1) Sistematización de la información existente; 2) Revisión de información de las OUA; 3) Revisión de información en CBR; 4) Campaña de terreno para diagnóstico organizacional y de infraestructura; 5) Sistematización de la información recogida; 6) Elaboración de catastro y diagnóstico. |
| **Impacto sobre la brecha** | Se contaría con información actualizada, más completa y confiable de la existencia de OUA en cada cauce de la cuenca, facilitando la organización a nivel de cauces naturales y artificiales. |
| **Programa de seguimiento y control** | CNR - DGA |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Sistematización de la información existente.<br>2) Revisión de información de las OUA.<br>3) Revisión de información en CBR.<br>4) Campaña de terreno para diagnóstico organizacional y de infraestructura.<br>5) Sistematización de la información recogida.<br>6) Elaboración de catastro y diagnóstico. |

Tabla 14. Acción 3, fortalecimiento OUA

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Modelo de transferencia tecnológica en gestión y uso del agua |
| **Brecha** | Baja cobertura que han tenido todos los instrumentos o programas de transferencia tecnológica analizados. Además, la gran mayoría no cuentan con mediciones de resultados. En cuanto a la accesibilidad del instrumento, se presenta una baja accesibilidad, producto de que la mayoría de los programas se realizan a grupos focalizados. |
| **Objetivo** | Establecer un programa transferencia tecnológica y de conocimiento en gestión de las aguas. |
| **Descripción** | Se espera establecer un programa de transferencia basado en las necesidades de aprendizaje de los diferentes grupos (Juntas de Vigilancia, comunidades de agua, APR, entre otros), las necesidades de información que tengan un efecto en las acciones de manejo, gestión, la apropiación de nuevas técnicas o métodos que propendan al uso eficiente de los recursos hídricos, y el seguimiento y acompañamiento a los usuarios en el proceso de adopción y aplicación de los conocimientos transferidos. |
| **Tipo de medida** | Programa |
| **Posible fuente de financiamiento** | GORE-CNR |
| **Rango de financiamiento** | 12.000-14.000 |
| **Tiempo de implementación** | Mediano Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 18 meses |
| **Vida útil de la acción** | 15 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | Universidades, Consultoras |
| **Encargado de gestión** | GORE-CNR-DOH |
| **Etapas** | 1) Caracterización del territorio e identificación de actores relevantes; 2) Diseño de módulos de transferencia tecnológica en función de público objetivo; 3) Implementación de jornadas de transferencia; 4) Medición de impactos. |
| **Impacto sobre la brecha** | El impacto de la iniciativa es contar con un modelo de transferencia tecnológica para capacitar a los distintos usuarios de aguas. |
| **Programa de seguimiento y control** | CNR y/o Gobierno regional podrá hacer seguimiento de los avances y resultados del programa. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Un Modelo de transferencia<br>2) Implementación del modelo<br>3) Número de talleres realizados |

Tabla 15. Acción 4, fortalecimiento OUA

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Plataforma de Gestión Integrada de Información de RRHH |
| **Brecha** | No existe una plataforma que integre información pública y privada de RRHH. La información se encuentra distribuida en diferentes instituciones. |
| **Objetivo** | Desarrollar e implementar una plataforma integrada de información de recursos hídricos libre acceso. |
| **Descripción** | La información relacionada a los recursos hídricos proveniente de distintas fuentes, requiere ser integrada y traducida en información útil que permita un real manejo de los recursos hídricos. Por ejemplo, los datos en tiempo real y las estadísticas históricas se convierten en información útil una vez que son procesadas y reportadas a diferentes actores, indicando, por ejemplo, las probabilidades de caudal para distintos meses o bien la estimación del agua en el suelo. La experiencia nacional muestra un avance significativo en la captura de información para fines de diagnóstico. Sin embargo, es necesario avanzar en cuanto a la integración de datos de múltiples fuentes, la interoperabilidad de estos y proveer información útil a la planificación y la transferencia eficaz del conocimiento. |
| **Tipo de medida** | Proyecto |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA-GORE |
| **Rango de financiamiento** | 25.000 - 35.000 |
| **Tiempo de implementación** | Mediano plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 36 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Estado del arte; 2) Identificación y ordenamiento de bases de datos; 3) Diseño de plataforma; 4) Implementación de plataforma |
| **Impacto sobre la brecha** | La plataforma que se implemente permitiría unificar las distintas fuentes de información relacionada a los recursos hídricos y sería una herramienta de apoyo para los tomadores de decisiones |
| **Programa de seguimiento y control** | DGA realizaría el seguimiento y control de la iniciativa |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Un diseño de plataforma<br>2) Una Plataforma implementada |

Tabla 16. Acción 5, fortalecimiento OUA

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Estudio de definición de deslindes propietarios |
| **Brecha** | Uno de los conflictos que existen en relación con la cuenca es la falta de definición de deslindes de cauces de ríos aportantes y del propio río Biobío. Esto redunda en intervenciones sin control del mismo cauce.<br>Actualmente el procedimiento establecido para la fijación del deslinde, debe ser fijado por un decreto supremo emanado del Ministerio de Bienes Nacionales, según lo dispuesto en el N°3 de la letra b) del D.S. 609/79.<br>Para dar curso a la fijación del límite en comento, debe iniciarse un procedimiento administrativo, que puede ser impulsado de oficio por el Ministerio cuando las circunstancias así lo ameriten, o mediante la solicitud de un propietario riberano, en virtud de lo dispuesto en el artículo 842° del Código Civil. |
| **Objetivo** | Definir deslindes de los principales cauces de la cuenca del río Biobío |
| **Descripción** | El Decreto Supremo N° 609, en 1978, Fija las normas para establecer deslindes propietarios riberanos con el bien nacional de uso público por las riberas de los ríos, lagos y esteros. Sin embargo, no existe claridad sobre estos límites en los principales cauces de la cuenca y se debe iniciar un proceso administrativo para definir estos deslindes. Esto deriva en conflictos con privados e intervenciones en el cauce que quedan fuera de norma. La acción propone un estudio para definir los límites de los cauces (bienes nacionales de uso público), con propiedades privadas. Normas para establecer deslindes propietarios riberanos con el bien nacional de uso público por las riberas de los ríos, lagos y esteros. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | Ministerio de Bienes Nacionales |
| **Rango de financiamiento** | 10.000 a 15.000 |
| **Tiempo de implementación** | Mediano plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA - DOH |
| **Encargado de gestión** | Ministerio de Bienes Nacionales |
| **Etapas** | 1) Caracterización del territorio; 2) Estudios básicos de terreno; 3) Implementación de modelos hidrológicos; 4) Determinación de riberas. |
| **Impacto sobre la brecha** | Se busca contar con información pública y de fácil acceso sobre el deslinde de los cauces naturales del Río Biobío. |
| **Programa de seguimiento y control** | Las juntas de vigilancia pueden hacer el seguimiento y control del programa. Además, la institucionalidad local puede contribuir con ello. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 24 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Definición de ribera en base a cálculos hidrológicos 2) Mapeo de áreas y deslindes. |

### 1.5.3 Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos

Tabla 17. Acción 1, gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Actualización del catastro de aguas subterráneas (con y sin registro DGA) |
| **Brecha** | Existe información dispersa e incompleta sobre los usuarios de aguas subterráneas, tanto legales como ilegales |
| **Objetivo** | Generar un catastro actualizado de los pozos existentes en la cuenca del río Biobío. |
| **Descripción** | Esta acción busca generar información sobre las captaciones de agua subterráneas, tanto legales como clandestinas que existen en la cuenca, para poder establecer la demanda real de este recurso. Se requiere de un catastro que identifique las captaciones existentes, el tipo de captación, sistema de elevación, caudales y volúmenes anuales, uso del agua y situación legal, entre otros aspectos. |
| **Línea de acción** | Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos |
| **Tipo de medida** | Programa |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 3.000-10.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | 10 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Generar Términos de Referencia; 2) Licitación; 3) Ejecución del Catastro; 4) Revisión y cierre de la licitación; 5) Publicar la información en bases de datos; 6) Actualización del Observatorio Georreferenciado DGA |
| **Impacto sobre la brecha** | El impacto de esta iniciativa es poder conocer la demanda actual de agua subterránea |
| **Programa de seguimiento y control** | El Gobierno Regional, la Dirección General de Agua podrán hacer seguimiento a las necesidades y avances de la estrategia. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 24 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Número de pozos catastrados<br>2) Un Diagnóstico realizado<br>3) Una base de datos georreferenciada. |

Tabla 18. Acción 2, gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Realizar un análisis de la actual limitación de SHAC |
| **Brecha** | La definición actual de los SHACs no corresponde con los límites hidrogeológicos naturales de la cuenca |
| **Objetivo** | Redefinir los SHACs en la cuenca del río Biobío. |
| **Descripción** | Esta acción busca redefinir los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento común (SHACs) actuales pues los sectores Biobío inferior, Biobío Medio, Biobío Superior y Alto Biobío poseen al río Biobío en el centro de ellos. Como el río Biobío es una condición de borde que impone una condición de altura sobre el acuífero, las medidas que se tomen al norte del río no tendrán efecto al sur del cauce. Por ello se recomienda dividir cada uno de estos sectores al norte y sur del Río Biobío. Mejorar la red de monitoreo de aguas subterráneas en la cuenca (nivel y caudal). Se debe desarrollar modelos específicos para el sector costero considerando sus particularidades en cuanto a geología, morfología y usos del suelo. Esto dado que la cordillera de la costa representa una condición particular para efectos de modelación de los acuíferos en las cuencas de la ladera occidental de la cordillera de la costa.<br>Para esta iniciativa se debe realizar un análisis geológico detallado. La información geológica disponible es muy pobre. Se requiere la generación de una cartografía geológica a escala 1:100.000 para toda la cuenca. Esta información deberá ser acompañada de una campaña geofísica que permita determinar los límites de los rellenos que conforman unidades acuíferas, validada con el análisis de las estratigrafías de pozos cuya profundidad supere los 100 metros.<br>Para cada SHAC identificado se debe analizar de los coeficientes de almacenamiento y conductividad hidráulica. Se propone seleccionar un conjunto de pozos que superen una profundidad de 100 metros y donde sea posible establecer pozos de observación. A estos pozos se les realizaran nuevas pruebas de bombeo que consideren la estratigrafía, presencia de uno o más acuíferos, condiciones de confinamiento y la medición de valores de descenso medidos en pozos de observación. Con la interpretación de estas pruebas de bombeo se podrán establecer valores representativos de los parámetros elásticos para cada SHAC. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 3.000-6.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 12 |
| **Vida útil de la acción** | 25 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Generar Términos de Referencia; 2) Licitación; 3) Ejecución del estudio; 4) Revisión y cierre de la licitación; 5) Publicar la información en bases de datos; 6) Actualización del Observatorio Georreferenciado DGA |
| **Impacto sobre la brecha** | El impacto de esta iniciativa es mejorar la gestión de los DAA de agua subterránea en la cuenca |
| **Programa de seguimiento y control** | El Gobierno Regional, la Dirección General de Agua podrán hacer seguimiento a las necesidades y avances de la estrategia. |
| **Duración del seguimiento** | 24 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Definición de criterios para redefinición<br>2) Reporte de actuales SHAC y falencias<br>3) Número de nuevos sectores definidos |

Tabla 19. Acción 3, gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Mejorar la red de monitoreo de aguas subterráneas en la cuenca (nivel y caudal) |
| **Brecha** | Se requieren sistemas de control efectivo de extracciones implementados en la cuenca. |
| **Objetivo** | Apoyar a pequeños agricultores y APR a implementar sistema de control de extracciones de pozos |
| **Descripción** | Apoyar la implementación de sistemas de control efectivo de extracciones para pequeños agricultores y APR. |
| **Tipo de medida** | Programa |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 3.000-6.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 12 |
| **Vida útil de la acción** | 10 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Generar Términos de Referencia; 2) Licitación; 3) Ejecución del programa; 4) Revisión y cierre de la licitación |
| **Impacto sobre la brecha** | El impacto de esta iniciativa es mejorar la gestión de los DAA de agua subterránea en la cuenca y entregar equidad social para que pequeños agricultores y APR puedan adaptarse a la normativa vigente |
| **Programa de seguimiento y control** | El Gobierno Regional, la Dirección General de Agua podrán hacer seguimiento a las necesidades y avances de la estrategia. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 24 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Definición de público objetivo<br>2) Número de entrevistas con actores relevantes<br>3) Número de visitas técnicas<br>4) Número de sistemas implementados |

### 1.5.4 Información respecto al mercado del agua y DAA

Tabla 20. Acción 1, información respecto al mercado del agua y DAA

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Catastro de distintas fuentes para actualizar la información existente en el CPA |
| **Brecha** | Escasa información actualizada de la disponibilidad de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales en la cuenca hidrográfica |
| **Objetivo** | Conocer la disponibilidad y factibilidad de otorgar DAA en la cuenca del río Biobío en función de la nueva información producto del catastro |
| **Descripción** | Estudio técnico que determine la disponibilidad de recursos hídricos en los diferentes cauces de la cuenca hidrográfica, contando con un catastro actualizado que complemente la información del CPA, de modo de contar con información actualizada y certera que permita hacerse cargo de manera responsable del aumento en la demanda de aguas en la zona de estudio. Este estudio determinaría también las fuentes que podrían ser declaradas agotadas. La acción busca facilitar el acceso a la información. Si bien se reconoce que se cuenta con información de los DAA, el acceso a la información no es intuitivo La fuente de información debe ser variada, no solo el Catastro Público de Aguas, Conservadores de Bienes Raíces; Tribunales, de modo de conocer los derechos actualmente vigentes y aquellos en vías de regularización. Todo contrastado con escenarios de disponibilidad del recurso. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 12.000-14.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| Encargado de implementación de la acción | DGA/CNR |
| **Encargado de gestión** | DGA/CNR |
| **Etapas** | 1) Sistematización de la información existente.; 2) Revisión de información de las OUA; 3) Revisión de información en CBR; 4) Revisión causas en proceso de regularización y de otras fuentes de información; 5) Desarrollo de bases de datos con información recopilada; 6) Estimación de disponibilidad para otorgar DAA en función de los escenarios de disponibilidad física del recurso. |
| **Impacto sobre la brecha** | Se contaría con información actualizada, más completa y confiable de la existencia de DAA para mejorar la toma de decisiones por parte de la DGA en el otorgamiento de DAA y permitiría mayor dinamismo en el mercado de aguas en la cuenca. |
| **Programa de seguimiento y control** | DGA puede hacer seguimiento del impacto de la iniciativa. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Una base de datos con DAA existentes.<br>2) Estimación de la disponibilidad de DAA. |

Tabla 21. Acción 2, información respecto al mercado del agua y DAA

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Diagnóstico para desarrollar un visualizador espacializado del mercado del agua |
| **Brecha** | No existe información suficiente para caracterizar espacialmente el dinamismo del mercado del agua. |
| **Objetivo** | Diagnosticar la calidad de la información de transacciones informada por los CBR y proponer mejoras, para desarrollar un visualizador del mercado del agua donde se identifiquen cuencas con mayor número de transacciones, analizar tendencias de mercado, entre otras. |
| **Descripción** | Se espera desarrollar un estudio que levante y analice la información requerida por cada CBR para realizar transacciones de DAA. Se espera proponer mejoras al sistema de modo que permita generar un sistema automatizado y unificado para informar las transacciones de DAA, su ubicación, precio, caudal, entre otros datos relevantes. Se espera que esta acción de dinamismo al mercado de aguas y facilite el acceso de información. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 8.000 - 10.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 30 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Caracterización del mercado de aguas; 2) Selección de zonas de análisis; 3) Análisis de información disponible; 4) Diagnóstico de información mínima requerida para el desarrollo de un visualizador; 5) Diseño de plataforma visualizadora; 6) Piloto de plataforma operativo |
| **Impacto sobre la brecha** | Se espera abordar por completo la brecha identificada |
| **Programa de seguimiento y control** | DGA realiza seguimiento y control de las actividades del estudio. Se espera que DGA implemente y maneje la plataforma |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 30 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Diagnóstico desarrollado<br>2) Diseño de una plataforma<br>3) Desarrollo de una plataforma en la cuenca del río Biobío. |

### 1.5.5 Infraestructura hidráulica

Tabla 22. Acción 1, infraestructura hidráulica

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Diagnóstico de infraestructura de riego en la cuenca del río Biobío. |
| **Brecha** | No existen estudios que abarquen en detalle la totalidad de la infraestructura de riego de la cuenca. El estudio más reciente catastró bocatomas en el año 2000 y en año 2016 se catastraron los tranques construidos en la reforma agraria, sin embargo, se requiere de una caracterización completa de la cuenca. |
| **Objetivo** | Contribuir a la gestión de los recursos hídricos de la cuenca del río Biobío, mediante el catastro y evaluación de la infraestructura de riego existente, y la planificación de la inversión futura en obras de riego e instrumentación. |
| **Descripción** | Desarrollo de un catastro y diagnóstico de la situación actual de la infraestructura de riego de la cuenca del río Biobío. Luego de este diagnóstico se espera proponer un plan de reparación/rehabilitación y nuevas obras en función de criterios técnicos y operacionales, de modo que mediante el uso adecuado de la ley de fomento a la inversión privada en riego y drenaje N° 18.450, se contribuya a mejorar la situación hídrica del territorio, mejorando con ello la seguridad de riego y la productividad agrícola, lo que conlleva un alza en la calidad de vida de las personas. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | CNR |
| **Rango de financiamiento** | 12.000 - 15.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 36 |
| **Vida útil de la acción** | 15 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA-CNR |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Caracterización del territorio; 2) Levantamiento del estado de infraestructura; 3) Diagnóstico de obras; 4) Propuestas de mejora y de nuevas obras; 5) Priorización de obras |
| **Impacto sobre la brecha** | Se contaría con información actualizada sobre el estado de infraestructura hidráulica de la cuenca asociada a distintos usos. Esto ayudaría a la toma de decisiones en cuanto a la ejecución de nuevas obras o rehabilitación de existentes. Además de levantar necesidad del territorio a manera de definir montos de inversión para incentivar la ejecución de obras de partes de privados. |
| **Programa de seguimiento y control** | DGA realiza seguimiento y control, junto a las OUA del territorio. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Caracterización organizacional<br>2) Número de canales visitados<br>3) Un Diagnóstico de infraestructura por canal<br>4) Al menos 10 Propuestas de solución por canal. |

Tabla 23. Acción 2, infraestructura hidráulica

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Diagnóstico y propuestas de monitoreo de extracciones en canales (telemetría bocatomas) |
| **Brecha** | No existen registros sistematizados de obras de aforo al ingreso de canales. |
| **Objetivo** | Catastrar y diagnosticar red de monitoreo para el control de extracción de aguas superficiales en canales, y proponer una red de telemetría que contribuya a la correcta extracción de las aguas. |
| **Descripción** | Desarrollo de un catastro y diagnóstico de la situación actual de la infraestructura de control de extracciones en canales de la cuenca del río Biobío. Se espera contar con una propuesta de red de monitoreo telemétrica para los principales canales de la cuenca a manera de controlar las extracciones en tiempo real y utilizar datos para la toma de decisiones. La acción busca apoyar el establecimiento de la red de monitoreo de extracción de aguas superficiales de manera tal de sentar las bases para dar cumplimiento a lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 53, en 2020, del Ministerio de Obras Públicas, sobre el Reglamento de monitoreo de extracciones efectivas de aguas superficiales. Se espera que al final del estudio se entreguen recomendaciones para instalación de obras en función de las condiciones particulares de cada canal. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 8.000 - 10.000 |
| **Tiempo de implementación** | Mediano plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | 15 AÑOS |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Caracterización del territorio; 2) Contacto con informantes relevantes; 3) Levantamiento del estado de infraestructura; 4) Diagnóstico de obras; 5) Propuestas de red de monitoreo |
| **Impacto sobre la brecha** | Se contaría con información de extracciones efectivas en canales |
| **Programa de seguimiento y control** | DGA realizaría el seguimiento y control de la información. Las OUA's serían los usuarios y encargados de cada solución proyectada |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 24 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Número de canales visitados<br>2) Un Diagnóstico de infraestructura por bocatoma.<br>3) Al menos una propuesta de sistemas de monitoreo por bocatoma. |

Tabla 24. Acción 3, infraestructura hidráulica.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Diagnóstico intrapredial de eficiencia del uso del agua y equipos de riego |
| **Brecha** | No existen antecedentes de la eficiencia de aplicación del agua intrapredial |
| **Objetivo** | Evaluar la eficiencia de aplicación del agua intrapredial en predios de distintos estratos según método de riego y proponer acciones para mejorar la eficiencia de aplicación. |
| **Descripción** | Se busca recopilar antecedentes en torno al riego y gestión hídrica intrapredial en una muestra representativa de agricultores pertenecientes a la cuenca. La información levantada permitirá sentar las bases que permitan generar planes y/o programas de extensión para los agricultores y equipos técnicos. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | CNR |
| **Rango de financiamiento** | 12.000 - 14.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 36 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | CNR |
| **Encargado de gestión** | CNR |
| **Etapas** | 1) Caracterización del territorio; 2) Levantamiento del estado de infraestructura; 3) Campaña de medición de eficiencias en equipos de riego intrapredial; 4) Diagnóstico de la eficiencia; 5) Propuestas de mejoras a los sistemas evaluados; 6) Propuesta y diseño de plan de extensionismo en riego. |
| **Impacto sobre la brecha** | El estudio permitirá tener una visión sobre la operación y eficiencia de los sistemas de riego intrapredial de la cuenca. |
| **Programa de seguimiento y control** | CNR realizaría el seguimiento y control de la solución. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Definición de tamaño muestral<br>2) Número de sistemas de riego evaluados<br>3) Diagnóstico de cada sistema evaluado.<br>4) Una propuesta de programa de transferencia para mejorar la eficiencia de riego a nivel predial por estrato de agricultor |

Tabla 25. Acción 4, infraestructura hidráulica.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Estudio diagnóstico y propuesta de soluciones para sistemas APR |
| **Brecha** | No existen estudios que abarquen en detalle la totalidad de la infraestructura de sistemas APR, su estado actual estado operativo y necesidades de nuevas inversiones.<br>No existe claridad sobre el uso prioritario del agua para consumo humano. Se requieren estudios que diagnostiquen zonas de escasez y propongan soluciones de sistemas de agua potable rural. |
| **Objetivo** | Identificar y proponer soluciones de sistemas de APR para abastecimiento hídrico de zonas vulnerables o que actualmente estén siendo abastecidas con camiones aljibes.<br>Catastrar y diagnosticar el estado actual de infraestructura, operación y mantención de los sistemas APR, a fin de determinar necesidades de mejoras y establecer programas de formación de capacidades para la correcta operación de los sistemas. |
| **Descripción** | Se propone desarrollar un completo programa en dos líneas de acción:<br>1) Catastrar e identificar todas aquellas zonas vulnerables que no tengan acceso al agua y hoy estén siendo alimentadas con camiones aljibes a fin de generar una cartera de proyectos y propuesta de soluciones para el abastecimiento hídrico de las familias<br>2) Diagnosticar la operatividad y estado de infraestructura de los sistemas APR existentes a fin de detectar las actuales brechas e implementar programas de apoyo a mejoras de infraestructura y programas de capacitación a operarios de los sistemas. Se requiere formar capital humano para la correcta operación y mantención de sistemas APR. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | DOH - SISS |
| **Rango de financiamiento** | 7000 - 8000 UF |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 36 |
| **Vida útil de la acción** | 20 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | SISS - DOH |
| **Encargado de gestión** | DOH |
| **Etapas** | Línea necesidades de nuevas obras:<br>1) Caracterización del territorio; 2) Identificación de zonas críticas y priorización de intervención; 3) Estudio de fuentes hídricas para abastecer de agua a comunidades; 4) Estudio de disponibilidad de DAA para abastecimiento hídrico. Análisis de necesidad de expropiación de DAA para privilegiar consumo humano; 5) Cartera de proyectos y propuesta de soluciones; 6) Priorización de iniciativas.<br>Línea sistemas existentes:<br>1) Caracterización del territorio; 2) Levantamiento del estado de infraestructura; 3) Caracterización y diagnóstico de conocimientos en operación y mantención de sistemas APR de los operarios; 4) Caracterización y diagnóstico de la capacidad de gestión de los directivos de los sistemas APR; 5) Diagnóstico de obras (Captación, conducción, centro de control, distribución); 6) Propuestas de mejora y de nuevas obras; 7) Propuesta de programas de capacitación a operarios y directivos de sistemas APR; 8) Priorización de obras |
| **Impacto sobre la brecha** | Se espera identificar las zonas vulnerables sin acceso al agua y realizar una propuesta de mejoras a los sistemas APR existentes. Con esto, se contribuye al cierre de brechas. |
| **Programa de seguimiento y control** | DOH realizar seguimiento y control de la iniciativa |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | Número de APR Catastradas<br>Número de soluciones proyectadas<br>1 propuesta de programa de transferencia tecnológica. |

### 1.5.6 Monitoreo de los recursos hídricos

Tabla 26. Acción 1, monitoreo recursos hídricos.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Red de Monitoreo en Nieve y Glaciares |
| **Brecha** | No existe información sobre el manto nival y el estado de los glaciares |
| **Objetivo** | Implementar una red de monitoreo de nieves y glaciares en la cuenca del río Biobío. |
| **Descripción** | En la cuenca del río Biobío, se requiere de la implementación de una red nivométrica que permita conocer la acumulación y derretimiento del manto Glaciar. Además, se requiere instalar estaciones de control glaciológico que permita conocer el estado de los principales glaciares existentes. |
| **Tipo de medida** | Proyecto |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 17.000-32.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | 25 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Generar Términos de Referencia; 2) Licitación.: 3) Ejecución del programa; 4) Revisión y cierre de la licitación |
| **Impacto sobre la brecha** | El impacto de esta iniciativa permitirá mejorar el pronóstico y gestión de la disponibilidad de agua en la cuenca |
| **Programa de seguimiento y control** | El Gobierno Regional, la Dirección General de Agua podrán hacer seguimiento a las necesidades y avances de la estrategia. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | Identificación de zonas críticas<br>Diagnóstico de infraestructura<br>Detección de brechas<br>Propuesta de soluciones de infraestructura para cada APR diagnosticada.<br>Una Propuesta de programa de capacitación. |

Tabla 27. Acción 2, monitoreo de los recursos hídricos.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Red de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca del Biobío |
| **Brecha** | En la actualidad sólo existen algunos monitoreos puntuales de las aguas subterráneas de la cuenca, y en algunas zonas de vigilancia |
| **Objetivo** | Desarrollar una red de monitoreo de la calidad del agua subterránea de la cuenca del río Biobío. |
| **Descripción** | Esta acción tiene como propósito desarrollar una red de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca del río Biobío. Lo anterior será de gran importancia a futuro, debido a que se ha observado con el transcurso del tiempo que cada vez se hace un mayor uso del agua subterránea. Por lo tanto, en base a esta tendencia y en base a la importancia de este recurso, es que esta acción permitirá adelantarse a un escenario próximo, donde sea necesario contar con una red que incluya todas las zonas de vigilancia de la cuenca. Esta información puede ser la base para una futura norma de calidad de agua subterránea, más aún si se considera el análisis espacial y temporal de la calidad del agua. |
| **Tipo de medida** | Proyecto |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA - MMA |
| **Rango de financiamiento** | 15.000-25.000 |
| **Tiempo de implementación** | Mediano plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | 25 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA - MMA |
| **Encargado de gestión** | DGA - MMA |
| **Etapas** | 1) Análisis de red hidrológica de aguas subterráneas e identificación de pozos y potenciales puntos de monitoreo actuales; 2) Análisis de potenciales puntos de monitoreo dentro de la cuenca; 3) Implementación de puntos de monitoreo en la cuenca; 4) Campañas de monitoreo en diferentes estaciones del año; 5) Análisis de la información. |
| **Impacto sobre la brecha** | Esta brecha permitirá anticiparse al análisis de la calidad del agua subterránea de la cuenca, considerando la tendencia al aumento en su uso, junto con la tendencia en la reducción en los flujos de aguas superficiales. Contar con esta red de monitoreo permitirá contar con una herramienta de gestión del recurso no sólo en términos de cantidad, sino que también en potenciales temáticas asociadas con niveles de contaminantes que puedan representar un peligro para las actividades agrícolas, para el uso humano o para otros usos que se le asignen al recurso |
| **Programa de seguimiento y control** | La entidad que financie la iniciativa, en conjunto con el GORE o la entidad que gobierno que participe como ejecutora o coejecutora con la Universidad, podrán efectuar el seguimiento y control |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores:** | 1) Red de pozos y punteras operativas en toda la cuenca.<br>2) Campañas de monitoreo en diferentes estaciones del año<br>3) Red de monitoreo en operación |

Tabla 28. Acción 3, monitoreo de los recursos hídricos.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Implementación de una red de monitoreo de humedales y sus ecosistemas (Calidad de aguas, balance hídrico, entre otros) |
| **Brecha** | No existe una red de monitoreo de humedales en la cuenca del Río Biobío |
| **Objetivo** | Proponer e implementar una red de sensoramiento para el monitoreo constante de las variables hídricas de los humedales y ecosistemas asociados. |
| **Descripción** | Se busca implementar un sistema de monitoreo sistemático, que incluya variables que den cuenta de la condición ecológica de los ecosistemas acuáticos y la evolución de estos. |
| **Línea de acción** | Monitoreo de los recursos hídricos |
| **Tipo de medida** | Proyecto |
| **Posible fuente de financiamiento** | MMA |
| **Rango de financiamiento** | 20.000 - 25.000 |
| **Tiempo de implementación** | Mediano plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 36 meses |
| **Vida útil de la acción** | 25 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | Universidades / Consultoras |
| **Encargado de gestión** | MMA |
| **Etapas** | 1) Caracterización de sistemas determinando variables a monitorear<br>2) Evaluación de sistemas de monitoreo<br>3) Propuestas de sistemas de monitoreo<br>4) Implementación de red |
| **Impacto sobre la brecha** | Se contaría red de monitoreo de humedales de la cuenca lo que contribuiría a la mejorar la toma de decisiones |
| **Programa de seguimiento y control** | El MMA podría dar seguimiento y control de la red de monitoreo |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Caracterización de la zona de estudio<br>2) Determinación de número de estaciones<br>3) Implementación de una plataforma de monitoreo de humedales. |

Tabla 29. Acción 4, monitoreo de los recursos hídricos.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Ampliación de la red instrumental nacional |
| **Brecha** | Falta de información hidrometeorológica distribuida para gestión y estudios. |
| **Objetivo** | Determinar zonas y variables para complementar la disponibilidad de información hidro-meteorológica y ecológica existente. |
| **Descripción** | Esta acción pretende determinar tanto zonas dentro de la cuenca, como variables de medición a complementar dentro de la red de información hidro-meteorológica y ecológica existente en la cuenca. Esta información permitiría apoyar la gestión y toma de decisiones en aspectos tanto de gestión hídrica como ecológica y de gestión preventiva de desastres entre otros. |
| **Línea de acción** | Monitoreo de los recursos hídricos |
| **Tipo de medida** | Proyecto |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA |
| **Rango de financiamiento** | 15.000-20.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 60 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Catastro de necesidades de información para la gestión de cuenca; 2) Definición de puntos en la cuenca y ríos para instalación de sensores, junto con la identificación de variables a medir;3) Definición de formato y protocolo de almacenamiento y comunicación de información según tipo de variable; 4) Convocatorias para construcción e instalación de sensores junto con transmisión, comunicación y publicación de datos; 5) Difusión de la información pública generada. |
| **Impacto sobre la brecha** | Aumento de la información pública para el apoyo en la gestión de recursos hídricos, gestión de cuencas, gestión de desastres, planificación ecológica-hidrológica entre otros. |
| **Programa de seguimiento y control** | DGA debería realizar un seguimiento, mantención y control permanente. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | Permanente |
| **Hitos e indicadores** | 1) % de aumento de las métricas en relación a lo existente. 2) % de aumento de la densidad de sensores de tipo xx en la cuenca (n sensores xx/km2 de cuenca). 3) % aumento de la densidad de sensores tipo yy a lo largo del río (n sensores yy/km de rio). |

### 1.5.7 Riesgos asociados a las aguas de la cuenca

Tabla 30. Acción 1, riesgos asociados a las aguas de la cuenca.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Realizar un análisis de eventos extremos asociados al cambio climático (precipitaciones máximas, sequías, olas de calor). |
| **Brecha** | No se cuenta con proyecciones y/o simulaciones de eventos extremos asociados al cambio climático |
| **Objetivo** | Determinar desde un punto de vista meteorológico e hidrológico, los efectos del cambio climático en eventos extremos que pueden ocasionar sequías e inundaciones. |
| **Descripción** | Estando actualmente en un escenario de cambio climático, es necesario entender y determinar una conexión entre este y estos eventos extremos. Se busca determinar tendencias de sequías, olas de calor o eventos de precipitaciones máximas. |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA - ANID |
| **Rango de financiamiento** | 8.000- 10.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 36 |
| **Vida útil de la acción** | Permanente |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA |
| **Encargado de gestión** | DGA |
| **Etapas** | 1) Recopilación de información<br>2) Simulaciones<br>3) Resultados |
| **Impacto sobre la brecha** | Determinar tendencias a eventos extremos |
| **Programa de seguimiento y control** | DGA realizaría seguimiento y control de la iniciativa |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Un reporte con antecedentes previos y revisión bibliográfica del estado del arte.<br>2) Al menos un modelo de simulación calibrado por evento extremo.<br>3) Número de simulaciones por evento extremo asociado al cambio climático.<br>4) Un reporte de efectos de eventos extremos en los recursos hídricos de la cuenca. |

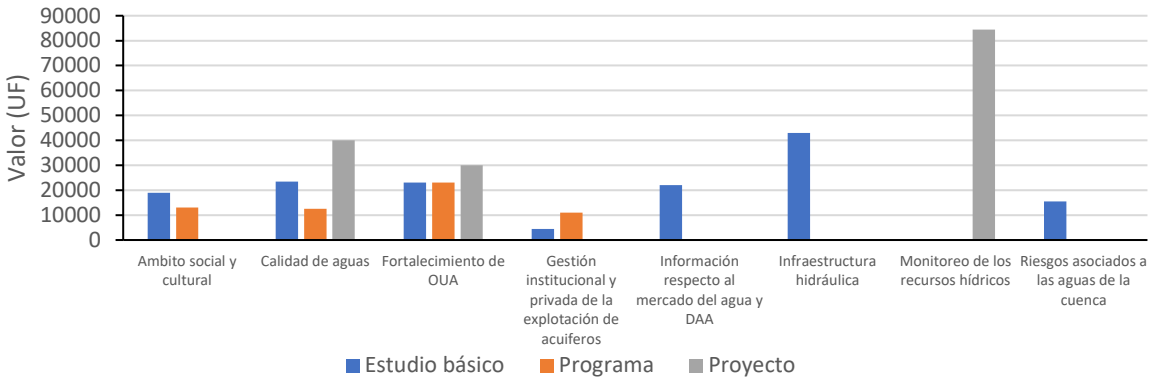
Tabla 31. Acción 2, riesgos asociados a las aguas de la cuenca.

| | |
|---|---|
| **Nombre de la acción** | Analizar la vulnerabilidad de áreas críticas respecto a inundaciones (análisis de crecidas producto de lluvias o acción humana). |
| **Brecha** | Existen zonas vulnerables ante eventos de inundación |
| **Objetivo** | Reducir la vulnerabilidad de la población urbana y semi urbana de la cuenca del río Biobío. |
| **Descripción** | En la cuenca del río Biobío, existen zonas urbanas y semi urbanas que son vulnerables ante eventos de inundación. Dada la disponibilidad de pronósticos de tormentas severas, es posible construir un sistema de alerta temprana de inundaciones. La propuesta considera la generación de una cartografía detallada de las zonas de inundación, determinación de los caudales que generan las inundaciones y de las tormentas que pueden generar dichos caudales. Elaboración de un sistema que relaciones el pronóstico de tormenta, con la generación de caudales máximos y la determinación de áreas inundables. Todo esto debe llevar a la implementación de un sistema de alerta por la ONEMI. |
| **Línea de acción** | Riesgos asociados a las aguas de la cuenca |
| **Tipo de medida** | Estudio básico |
| **Posible fuente de financiamiento** | DGA - ONEMI |
| **Rango de financiamiento** | 3.000-10.000 |
| **Tiempo de implementación** | Corto Plazo |
| **Tiempo de implementación (meses)** | 24 |
| **Vida útil de la acción** | 25 años |
| **Encargado de implementación de la acción** | DGA ONEMI |
| **Encargado de gestión** | DGA ONEMI |
| **Etapas** | 1) Generar Términos de Referencia; 2) Licitación; 3) Ejecución del estudio; 4) Implementación sistema |
| **Impacto sobre la brecha** | El impacto de esta iniciativa permitirá reducir la vulnerabilidad de la población expuesta frente a crecidas |
| **Programa de seguimiento y control** | El Gobierno Regional, la Dirección General de Agua y la ONEMI podrán hacer seguimiento a las necesidades y avances de la estrategia. |
| **Duración del seguimiento (meses)** | 36 |
| **Hitos e indicadores** | 1) Número de zonas caracterizadas<br>2) Número de mapas de riesgo<br>3) Diseño de un sistema de alerta temprana<br>4) Un Sistema de alerta temprana implementado |

## 1.1 VALORIZACIÓN ECONÓMICA DEL PLAN ESTRATÉGICO DE GESTIÓN HÍDRICA

Para cada iniciativa se realizó una estimación de costos estableciendo un rango de inversión por cada acción y para determinar el costo total del plan se utilizó la media del rango.

La Figura 11 muestra la distribución de costos del plan por línea de acción y tipología de iniciativa, donde se observa que la mayor inversión sería en monitoreo de recursos hídricos.




Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Distribución de costos por línea de acción y tipo de iniciativa.

El costo estimado total del Plan estratégico de gestión hídrica es de 364.500 UF y su distribución por línea de acción y fuente de financiamiento se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32. Costo de las iniciativas del plan según línea de acción y fuente de financiamiento.

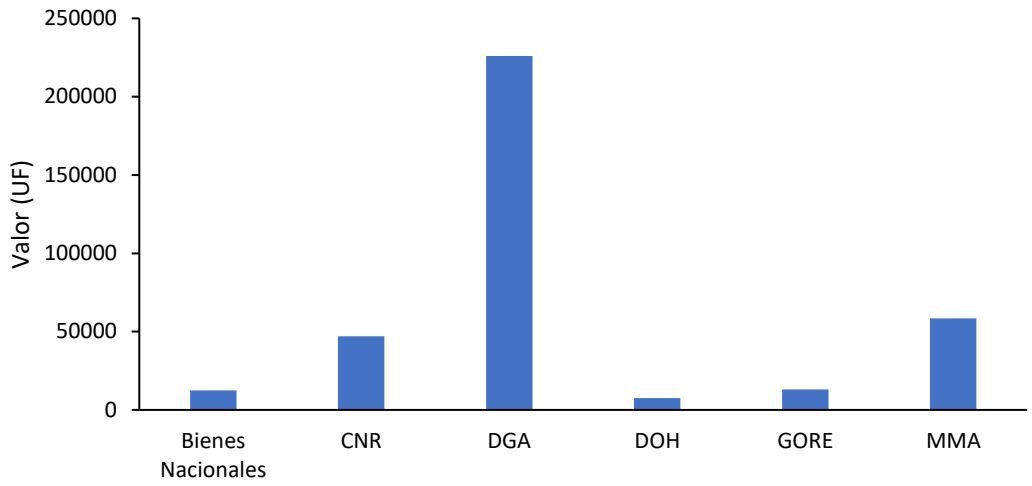
| **Línea de acción** | **Nombre acción** | **Valor del programa (UF)** | **Fuente de financiamiento principal** |
|---|---|---|---|
| Ámbito social y cultural | Incentivar la incorporación de las mujeres en la gestión de los recursos hídricos. | 6.500 | DGA |
| | Estudio para formular un modelo intercultural de gestión del agua en la cuenca alta del río Biobío | 19.000 | DGA |
| | Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del río Biobío | 6.500 | DGA |
| Calidad de aguas | Estudio de las fuentes de contaminación puntual y difusa de la cuenca del río Biobío | 12.500 | MMA |
| | Desarrollo de un plan de manejo de contaminantes asociados a nutrientes | 12.500 | MMA |
| | Analizar la reutilización y regeneración de las aguas residuales del sector sanitario e industrial de la cuenca. | 11.000 | MMA |
| | Estudio diagnóstico e implementación de sistemas de vigilancia epidemiológicas. | 40.000 | DGA |
| Fortalecimiento de OUA | Programa fortalecimiento de las OUA de los ríos Renaico y Malleco | 10.000 | DGA - CNR |
| | Catastro y diagnóstico de organizaciones de usuarios de aguas de la cuenca del río Biobío | 10.500 | DGA - CNR |
| | Modelo de transferencia tecnológica en gestión y uso del agua | 13.000 | GORE |
| | Plataforma de Gestión Integrada de Información de RRHH | 30.000 | DGA |
| | Estudio de definición de deslindes propietarios | 12.500 | Bienes Nacionales |

| Línea de acción | Nombre acción | Valor del programa (UF) | Fuente de financiamiento principal |
|---|---|---|---|
| Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos | Actualización del catastro de aguas subterráneas (con y sin registro DGA) | 6.500 | DGA |
| | Redefinición de SHACs | 4.500 | DGA |
| | Mejorar la red de monitoreo de aguas subterráneas en la cuenca (nivel y caudal) | 4.500 | DGA |
| Información respecto al mercado del agua y DAA | Catastro de distintas fuentes para actualizar la información existente en el CPA | 13.000 | DGA |
| | Diagnóstico para desarrollar un visualizador espacializado del mercado del agua | 9.000 | DGA |
| Infraestructura hidráulica | Diagnóstico de infraestructura de riego en la cuenca del río Biobío. | 13.500 | CNR |
| | Diagnóstico y propuestas de monitoreo de extracciones en canales (telemetría bocatomas) | 9.000 | DGA |
| | Diagnóstico intrapredial de eficiencia del uso del agua y equipos de riego | 13.000 | CNR |
| | Estudio diagnóstico y propuesta de soluciones para sistemas APR | 7.500 | DOH |
| Monitoreo de los recursos hídricos | Red de Monitoreo en Nieve y Glaciares | 24.500 | DGA |
| | Red de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca del río Biobío | 20.000 | DGA |
| | Implementación de una red de monitoreo de humedales y sus ecosistemas (Calidad de aguas, balance hídrico, entre otros) | 22.500 | MMA |
| | Ampliación de la red instrumental nacional | 17.500 | DGA |
| Riesgos asociados a las aguas de la cuenca | Realizar un análisis de eventos extremos asociados al cambio climático (precipitaciones máximas, sequías, olas de calor). | 9.000 | DGA |
| | Analizar la vulnerabilidad de áreas críticas respecto a inundaciones (análisis de crecidas producto de lluvias o acción humana). | 6.500 | DGA |

Fuente: Elaboración propia

### 1.1.1 Distribución de costos por actores

El costo total del plan es de 364.500 UF, la distribución por actores se muestra en la Figura 12, mientras que la distribución por actores y línea de acción se muestra en la Tabla 33.




Fuente: Elaboración propia

Figura 12. Distribución de costo por actores.

Tabla 33. Costo por actores y línea de acción del plan.

| **Institución / Línea de acción** | **Costo (UF)** |
|---|---|
| **Bienes Nacionales** | **12.500** |
| Fortalecimiento de OUA | 12.500 |
| **CNR** | **47.000** |
| Fortalecimiento de OUA | 20.500 |
| Infraestructura hidráulica | 26.500 |
| **DGA** | **226.000** |
| Ámbito social y cultural | 32.000 |
| Calidad de aguas | 40.000 |
| Fortalecimiento de OUA | 30.000 |
| Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos | 15.500 |
| Información respecto al mercado del agua y DAA | 22.000 |
| Infraestructura hidráulica | 9.000 |
| Monitoreo de los recursos hídricos | 62.000 |
| Riesgos asociados a las aguas de la cuenca | 15.500 |
| **DOH** | **7.500** |
| Infraestructura hidráulica | 7.500 |
| **GORE** | **13.000** |
| Fortalecimiento de OUA | 13.000 |
| **MMA** | **58.500** |
| Calidad de aguas | 36.000 |
| Monitoreo de los recursos hídricos | 22.500 |
| **Total general** | **364.500** |

Fuente: Elaboración propia

## 1.2 PRIORIZACIÓN DE LAS ACCIONES

Para realizar una evaluación de cuáles serán los proyectos priorizados, se utilizó una metodología que multicriterio. Para ello se utilizó un procedimiento basado en la creación de un índice de priorización. Esta metodología se presenta en detalle en el Anexo F.6 y la la Tabla 34 muestra valores de ponderación de grupos y sus variables de decisión utilizados.

Tabla 34. Valores de ponderación de grupos y variables de decisión utilizadas.

| CRITERIO | VARIABLE | OBJETIVO DE LA VARIABLE | Indicador | ASIGNACIÓN DE NOTA | Peso |
|---|---|---|---|---|---|
| **Económico** | **Tiempo de inversión** | Busca identificar inversiones de corto plazo a largo plazo. (Priorizar iniciativas entendiendo que el impacto de ésta dependerá de los tiempos de ejecución, y la disposición a asumir esos tiempos). | Plazo de ejecución: Alto; medio; bajo. | Alto=1; Medio=3; Bajo= 5 | 10% |
| | **Escala de inversión** | Busca identificar el alcance del impacto de la iniciativa, y que tan relevante es esto para los usuarios. Busca priorizar alcance de la iniciativa en términos de escala de la inversión de acuerdo con sus expectativas. | Escala territorial: Cuenca; comuna; localidad o grupo de personas. | Cuenca=5; porción de cuenca=3; Comunas=1 | 10% |
| **Social** | **Impacto al pequeño agricultor / usuario** | Busca definir si la iniciativa beneficia particularmente a pequeños agricultores del territorio | Grupo objetivo: pequeños productores/usuarios | Iniciativa beneficia principalmente a pequeños=5; beneficia a todos por igual=3: no considera a pequeños productores=1 | 15% |
| | **Territorios con población indígena** | Busca priorizar aquellos proyectos en comunidades indígenas | Población indígena beneficiaria | Directamente: 5; Beneficio indirecto: 3, no beneficia a comunidades indígenas 1. | 5% |
| **Ambiental** | **Impacto en protección y conservación de los recursos/Vida humana** | Busca priorizar aquellos proyectos que tengan implicancia en la protección de recursos hídricos (EJ: Calidad de aguas, saneamiento, reutilización) | Proyectos que impliquen protección de recursos hídricos / Vida humana | Impacta 5; no impacta 1. | 20% |
| **Estratégico** | **Interés de otros actores** | Busca priorizar iniciativas que cuente con el interés de otros actores sociales vinculados o no directamente con la iniciativa | Interés de actores políticos y públicos según encuesta PAC | Puntaje de 1 a 5 según interés de los actores públicos y políticos en talleres. | 20% |
| | **Contraparte DGA** | Busca priorizar aquellos proyectos de competencia DGA | Fuente de financiamiento | DGA = 5<br>Otras instituciones: 1 | 10% |
| | **Vida útil** | Busca priorizar aquellos proyectos que tengan mayor vida útil. | Vida útil | Nota 5= Permanente; nota 4= 25 años; nota 3= 20 años; nota 2=15 años; nota 1=10 años | 10% |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 35 se presentan los resultados de la priorización consolidada. En una primera columna se indica el orden de prioridad alcanzada por la propuesta de iniciativa, en la segunda columna se indica el nombre preliminar propuesto, y en la tercera columna el resultado del ponderador de adhesión que tuvo cada propuesta de iniciativa. Aquellas iniciativas con mayor puntaje son las que resultan prioritarias, lo que permite tener un orden referencial para orientar los esfuerzos requeridos para el Plan.

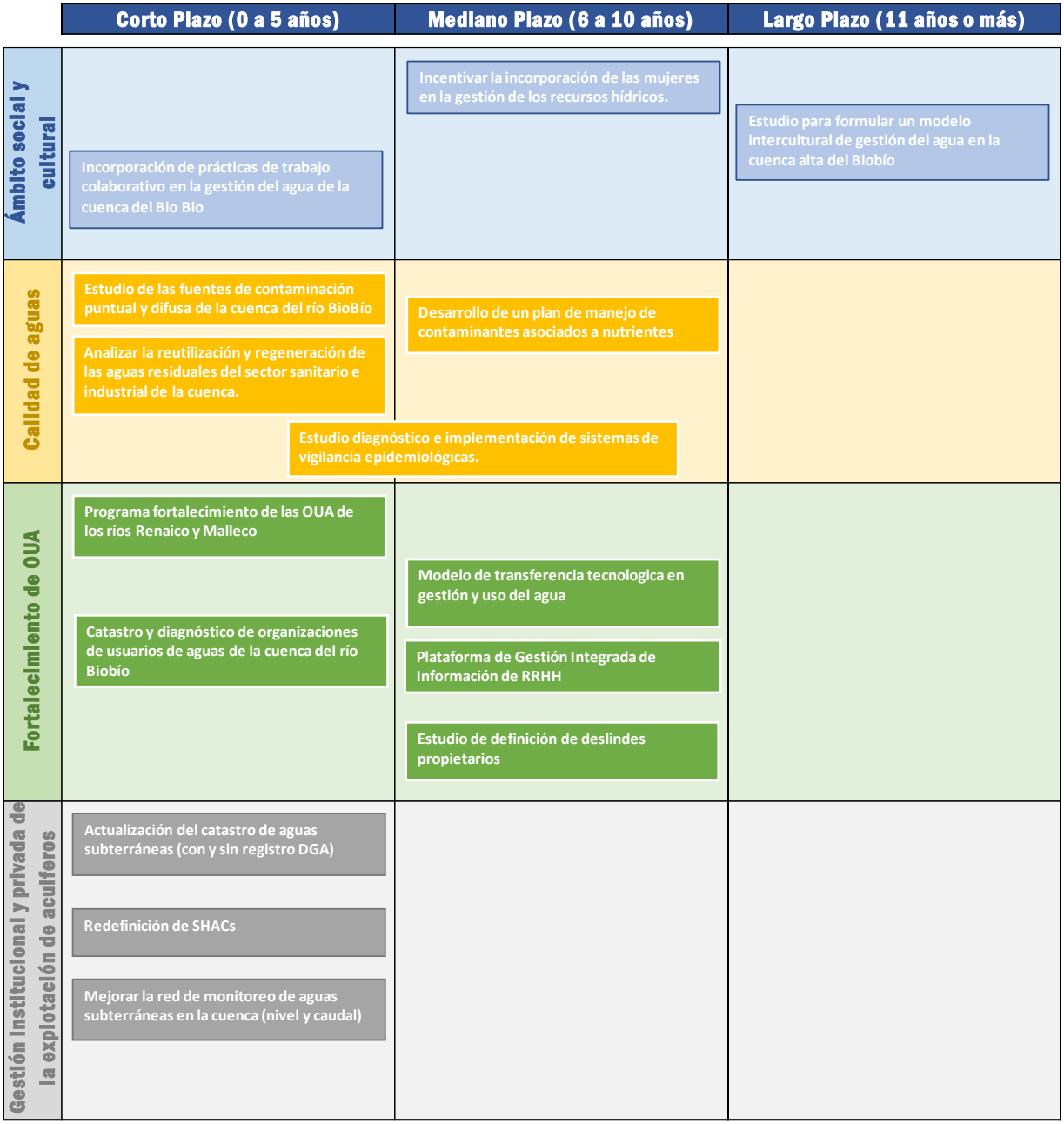
Tabla 35. Consolidación de priorización de iniciativas.

| Orden de prioridad | Nombre de la iniciativa | Puntaje |
|---|---|---|
| 1 | Catastro de distintas fuentes para actualizar la información existente en el CPA | 4,4 |
| 2 | Estudio diagnóstico e implementación de sistemas de vigilancia epidemiológicas. | 4,0 |
| 3 | Plataforma de Gestión Integrada de Información de RRHH | 3,7 |
| 4 | Estudio de definición de deslindes propietarios | 3,7 |
| 5 | Estudio de las fuentes de contaminación puntual y difusa de la cuenca del río Biobío | 3,6 |
| 6 | Red de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca del río Biobío | 3,6 |
| 7 | Ampliación de la red instrumental nacional | 3,6 |
| 8 | Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del río Biobío | 3,6 |
| 9 | Red de Monitoreo en Nieve y Glaciares | 3,5 |
| 10 | Mejorar la red de monitoreo de aguas subterráneas en la cuenca (nivel y caudal) | 3,4 |
| 11 | Diagnóstico y propuestas de monitoreo de extracciones en canales (telemetría bocatomas) | 3,3 |
| 12 | Implementación de una red de monitoreo de humedales y sus ecosistemas (Calidad de aguas, balance hídrico, entre otros) | 3,3 |
| 13 | Diagnóstico intrapredial de eficiencia del uso del agua y equipos de riego | 3,2 |
| 14 | Analizar la reutilización y regeneración de las aguas residuales del sector sanitario e industrial de la cuenca. | 3,1 |
| 15 | Catastro y diagnóstico de organizaciones de usuarios de aguas de la cuenca del río Biobío | 3,1 |
| 16 | Analizar la vulnerabilidad de áreas críticas respecto a inundaciones (análisis de crecidas producto de lluvias o acción humana). | 3,0 |
| 17 | Programa fortalecimiento de las OUA de los ríos Renaico y Malleco | 2,9 |
| 18 | Modelo de transferencia tecnológica en gestión y uso del agua | 2,9 |
| 19 | Estudio diagnóstico y propuesta de soluciones para sistemas APR | 2,9 |
| 20 | Diagnóstico de infraestructura de riego en la cuenca del río Biobío. | 2,9 |
| 21 | Desarrollo de un plan de manejo de contaminantes asociados a nutrientes | 2,8 |
| 22 | Incentivar la incorporación de las mujeres en la gestión de los recursos hídricos. | 2,8 |
| 23 | Estudio para formular un modelo intercultural de gestión del agua en la cuenca alta del río Biobío | 2,7 |
| 24 | Actualización del catastro de aguas subterráneas (con y sin registro DGA) | 2,7 |
| 25 | Realizar un análisis de eventos extremos asociados al cambio climático (precipitaciones máximas, sequías, olas de calor). | 2,5 |
| 26 | Diagnóstico para desarrollar un visualizador espacializado del mercado del agua | 2,4 |
| 27 | Redefinición de SHACs | 2,1 |

Fuente: Elaboración propia

## 1.1 CRONOGRAMA DE LAS SOLUCIONES

El esquema de la Figura 13 muestra la hoja de ruta del PEGH de la cuenca del río Biobío, donde se observan las 8 líneas de acción propuestas y cada una de sus iniciativas.




Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Hoja de ruta del plan de acción.

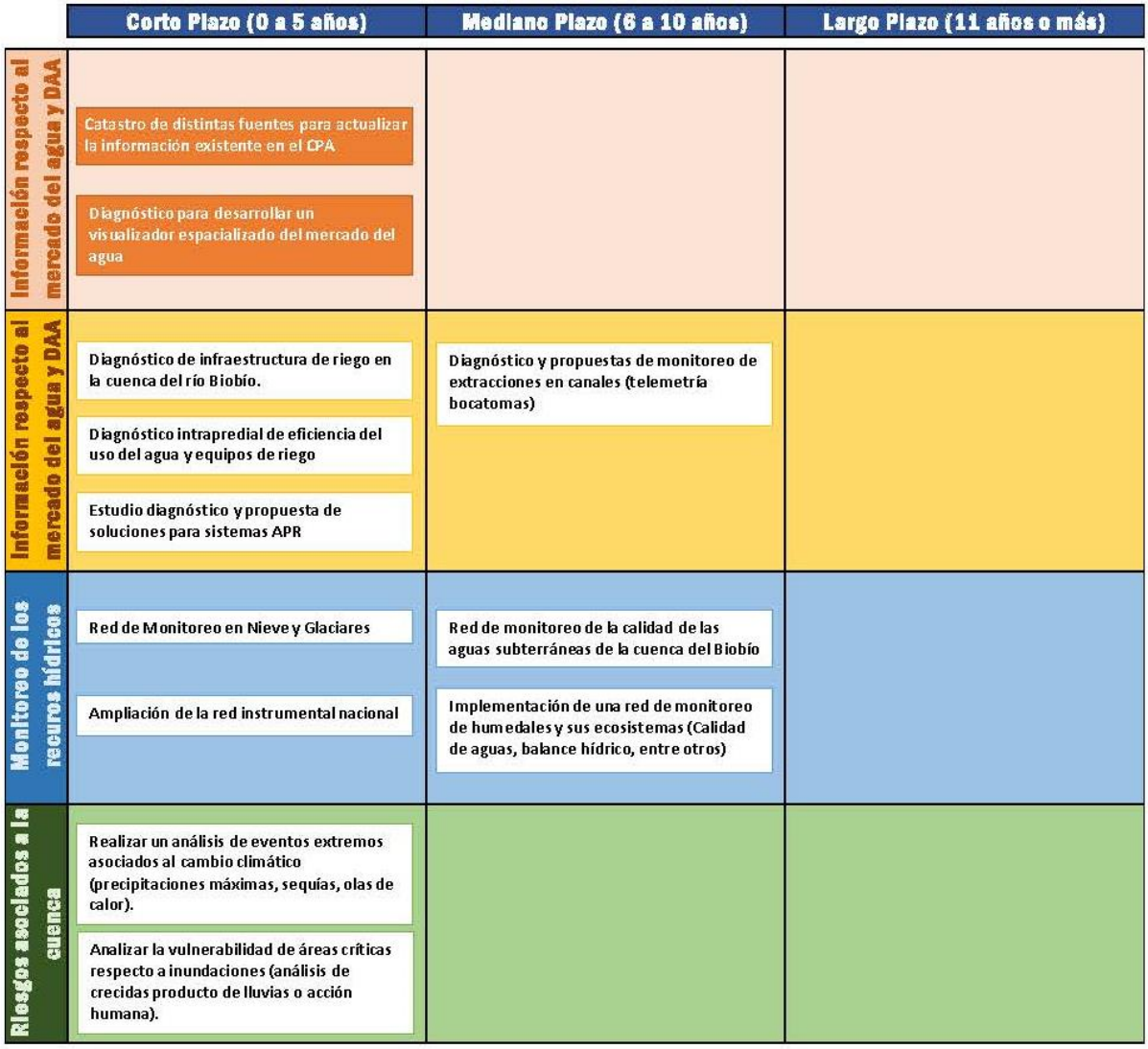



Figura 13. Hoja de ruta del plan de acción. (Continuación)

# 2 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

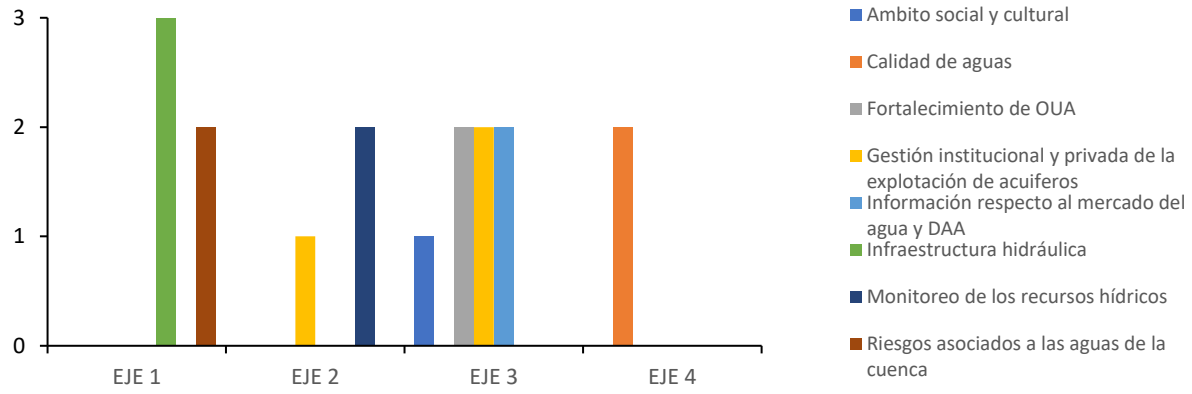
El presente capitulo se construye en base a los PEGH de las cuencas de Aconcagua (DGA 2020a), Limarí (DGA 2020b), Choapa (DGA 2020c) y Elqui (DGA 2020d). Se presentan los principales hitos identificados en la implementación del Plan de Acción, atendiendo a su horizonte (corto, mediano o largo plazo). Seguidamente, se exponen algunas directrices a considerar para el éxito del Plan de Acción, tanto en lo relativa a la estrategia de su implementación como comunicacional. Finalmente, se incluye un resumen con la identificación de las fuentes de financiación previstas.

## 2.1 HITOS DE REFERENCIA EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN

A continuación, se expone un resumen de la estructura del PEGH y los principales hitos a considerar, en función de la temporalidad establecida para cada medida del Plan.

### 2.1.1 Corto plazo

Cabe señalar que el 63% de iniciativas del PEGH corresponden a medidas de intervención con un horizonte a corto plazo. Entre ellas, existen acciones de las 8 líneas de acción planteadas. En cualquier caso, las iniciativas planteadas tienden a resolver brechas de los 4 Ejes establecidos. En la Figura 14 se presenta un resumen de lo anterior




Fuente: Elaboración propia

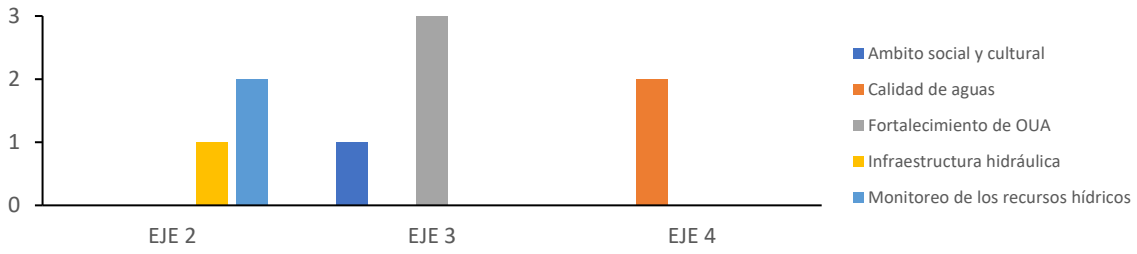
Figura 14. Distribución de iniciativas a corto plazo.

Como hitos de referencia, se destaca la iniciativa "Estudio de las fuentes de contaminación puntual y difusa de la cuenca del río Biobío", la cual daría pie a la iniciativa "Desarrollo de un plan de manejo de contaminantes asociados a nutrientes". Por otra parte, la iniciativa "Diagnóstico intrapredial de eficiencia del uso del agua y equipos de riego", se considera relevante ya que producto del diagnóstico se espera surjan nuevas iniciativas en materias de formación de capital humano.

### 2.1.2 Mediano plazo

En la Figura 15, se presenta la distribución de iniciativas en un horizonte a mediano plazo, según la línea de acción. En esta etapa se encuentran presente 3 de los 4 ejes y 4 de las 8 líneas de acción propuestas. En la línea de acción de calidad de aguas, se destaca la

iniciativa "Estudio diagnóstico e implementación de sistemas de vigilancia epidemiológicas", considerando el actual escenario de pandemia y nuevos contaminantes, esta iniciativa se recomienda implementar luego del estudio de fuentes de contaminación puntal y difusa en la cuenca.




Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Distribución de iniciativas a mediano plazo.

### 2.1.3 Largo plazo

Finalmente, en la iniciativa de largo plazo se ubica sólo el Eje 3 con la línea de acción "ámbito social y cultural" y la iniciativa "Estudio para formular un modelo intercultural de gestión del agua en la cuenca alta del río Biobío", el cual se estima debe ejecutarse luego de implementar las iniciativas de "Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del Biobío" y "Modelo de transferencia tecnológica en gestión y uso del agua".

## 2.2 ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN

El éxito de la ejecución de las iniciativas del PEGH de la cuenca del río Biobío, está sujeto por determinadas condiciones del entorno que pueden facilitar o retardar la implementación de las acciones definidas, entre las cuales se encuentran temas institucionales, culturales, de financiamiento o legales. Seguidamente se exponen estos aspectos condicionantes que pueden afectar la aplicación de cada iniciativa y una propuesta sobre los pasos de implementación del PEGH:

- Aspectos institucionales
- Aspectos de cultura del agua
- Aspectos de financiamiento
- Aspectos legales o normativos

Los aspectos limitantes o condicionantes expuestos seguidamente son en muchos casos comunes a la realidad de otras cuencas, por lo que particularmente se sugiere enfocar los esfuerzos hacia su resolución a una escala mayor que la de la propia cuenca, viéndose beneficiados por ello otros territorios con situaciones similares, tanto a nivel regional como a escala nacional (DGA 2020a, DGA 2020b, DGA 2020c, DGA 2020d).

## 2.1 ESTRATEGIA DE COMUNICACIÓN

La estrategia de comunicación del "Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca del Biobío" basó su diseño en referencia al universo de personas naturales y jurídicas vinculadas al agua, que requieren ser informadas de los lineamientos y acciones contenidos en este. Por tanto, la estrategia de comunicación tiene por objetivo "Informar a los diferentes actores sociales relevantes y la sociedad en su conjunto acerca del Plan Estratégico de Gestión Hídrica en la cuenca del Biobío".

Destinatarios

Los grupos principales a los que se dirige la estrategia de comunicación son de dos tipos: directos y generales. Los destinatarios directos corresponden a las personas que integran las Organizaciones de Usuarios de Aguas, organismos públicos y privados relacionados con el agua, municipios de la cuenca, empresas usuarias del agua y entidades académicas. Los destinatarios generales son personas naturales y jurídicas de la comunidad en general.

Medios y actividades

Los canales y actividades diseñadas para ambos tipos de destinatarios se han seleccionado en de acuerdo con la experiencia obtenida mediante la formulación del presente Plan.

Página web: La estrategia a seguir para comunicar el Plan a beneficiarios directos e indirectos, es subir al sitio utilizado en el periodo de formulación, el documento final y sus respectivos anexos. (bit.ly/plancuenca). Así mismo se deben realizar gestiones para subir este mismo documento en páginas web vinculadas al tema del agua en la cuenca del río Biobío.

Uso de correo electrónico: Se reconoce y asume que el uso de internet resulta fundamental para poner en comunicación a destinatarios directos.

Cabe señalar que hubo comunicación en ambos sentidos con los usuarios, al momento de hacer las invitaciones a las actividades PAC, al solicitar contestar la encuesta, la responder la misma, y al momento de enviar los resultados. Además, durante el proceso de realización de los talleres PAC, se enviaron las presentaciones con la información diagnóstica y con el portafolio de acciones.

Estrategia de Difusión del Plan Estratégico

Para lograr visibilidad y posicionamiento del Plan Estratégico entre los destinatarios directos y generales, se propone ampliar los canales utilizados en la etapa de formulación.

Para los destinatarios directos se utilizarán los canales que permitieron un contacto efectivo: correo electrónico en primer lugar y publicación en la página web en segundo término. Considerando que se dispone de una base de datos con las direcciones electrónicas de las personas naturales y jurídicas que fueron convocadas para las actividades PAC, se utilizará esta misma base para enviar información resumida del Plan. Además, se utilizará el mismo sitio web para presentar el Plan en su versión original.

Para los destinatarios generales se propone enviar comunicados de prensa breves a los medios escritos, a fin de dar a conocer sus contenidos principales del Plan, así como las acciones propuestas.

Con el objeto de dar respuestas a consultas que surjan desde la comunidad, se efectuará una coordinación con DGA de le región del Biobío y de La Araucanía para definir esta atención.

## 2.2 PASOS EN LA IMPLEMENTACIÓN

La implementación del Plan de Acción dependerá de diversos factores, entre ellos:

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

Por lo anterior, se debe definir una institución coordinadora transversal del conjunto de las medidas propuestas. Dado que el PEGH está promovido por la DGA, esta entidad es la responsable de su herramienta de planificación, y dentro de este servicio, se sugiere que sea la Dirección Regional de Aguas quien ostente esta figura de coordinación, por las razones siguientes:

- El PEGH de la cuenca del Biobío tiene un enfoque de gestión de cuenca; en ausencia de una institucionalidad pública de esta escala, la figura más próxima corresponde a la Dirección Regional de Aguas de la región de Biobío.
- DGA Regional es conocedora de la realidad territorial de una forma más próxima que, por ejemplo, podría tener DGA Nivel Central.
- DGA Regional mantiene vínculos con los actores territoriales, tanto públicos de otros servicios (DOH, CNR u otros) como actores.

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

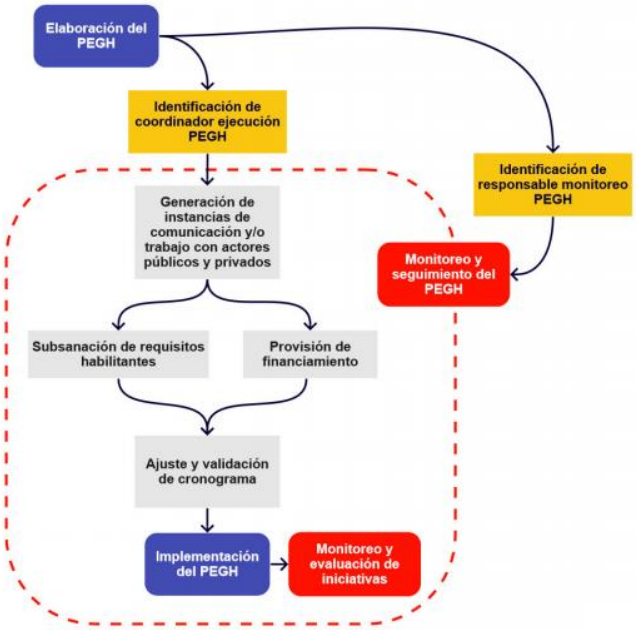
Respecto de la aceptación y la acogida de las medidas por parte de los diferentes actores, se debe considerar que las interacciones entre ellos (no conflicto, colaboración y confianza, u otra situación) pueden cambiar según el tema que los una o relacione y, en consecuencia, también pueden cambiar sus voluntades para hacerse participes de las acciones del Plan.

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

En relación con externalidades que puedan afectar la correcta ejecución de las iniciativas según la hoja de ruta propuesta, es relevante considerar los aspectos institucionales, de cultura del agua, de financiamiento.

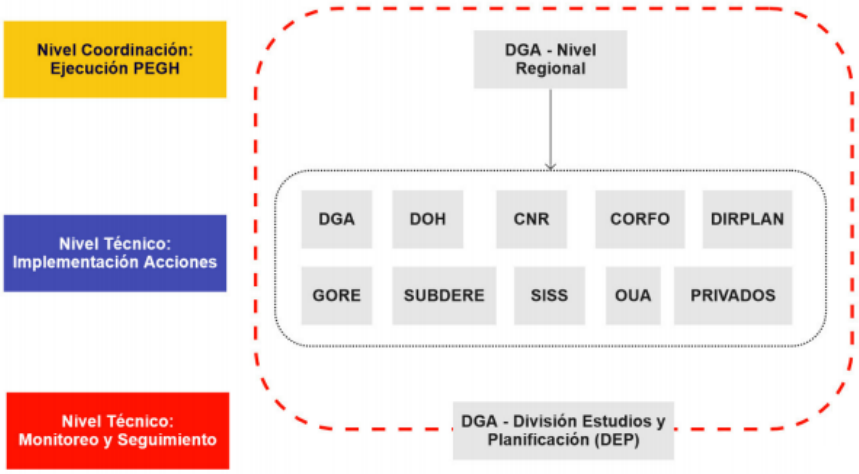
En paralelo a la implementación de las iniciativas del PEGH, el Plan de Monitoreo asociado permitirá un seguimiento y mejora de la pertinencia de las propuestas identificadas y su adaptación a lo largo del tiempo en caso oportuno. Se sugiere que el monitoreo general del Plan podría realizarse desde DGA Nivel Central (por ejemplo, la División de Estudios y Planificación o quien designe el Director General), así como la evaluación de las iniciativas ejecutadas (acciones que aborda la propia DGA). Para el caso de acciones cuyo responsable sea otra institución diferente a la DGA, la evaluación de las iniciativas quedará supeditada a la información facilitada por esta, para lo cual será importante reforzar el diálogo interinstitucional.

En la Figura 16 se presenta un esquema básico de los pasos propuestos a seguir en la implementación de las iniciativas del PEGH, mientras que en la Figura 17 se presenta el modelo de gobernanza asociado.




Fuente: (DGA 2020a, DGA 2020b, DGA 2020c, DGA 2020d)

Figura 16.Esquema simplificado de los pasos de implementación del PEGH.




Fuente: (DGA 2020a, DGA 2020b, DGA 2020c, DGA 2020d)

Figura 17. Modelo de gobernanza del PEGH.

## 2.3 PLAN DE MONITOREO

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

La cartera de acciones del PEGH considera un total de 27 iniciativas, de las cuales ninguna está catastrada y las 27 corresponden a propuestas. El PM centrará como índice de cumplimiento, la implementación tanto las iniciativas propuestas como las catastradas; si bien estas últimas poseen sus propios tiempos de implementación establecidos y el PEGH no tiene injerencia directa sobre ellas, se considera fundamental, por coherencia del plan en su conjunto, aplicar el seguimiento correspondiente. Lo anterior supone un esfuerzo de coordinación entre los diferentes servicios públicos, pero justificando, entendiendo que el recurso hídrico es un tema transversal y atañe a un amplio abanico de actores del territorio.

El PM se centrará en dar seguimiento anualmente a los indicadores establecidos para los primeros 5 años, debido al elevado número de iniciativas recogidas en ese horizonte, y sobre todo considerando potenciales reformulaciones futuras del PEGH al final de dicho periodo. Por lo anterior, para el periodo posterior (mediano y largo plazo), el PM asociado deberá ser evaluado, actualizado y rediseñado según lo indicado más adelante relativo a los mecanismos para el análisis y toma de decisiones. El responsable del monitoreo y seguimiento de las iniciativas de este plan debe ser la Dirección General de Aguas.

### 2.3.1 Indicadores

Las pautas del programa de seguimiento y control del PEGH se han establecido en un Plan de Monitoreo, con el objetivo de verificar la eficacia de las acciones efectivamente implementadas, a través de la definición de indicadores de cumplimiento.

En el establecimiento de indicadores del PM, se han considerado experiencias anteriores en planificación hídrica; específicamente, se ha tomado como referencia principal el último instrumento de características similares promovido por la DGA, correspondiente al estudio DGA (2013).

Así, los indicadores considerados son:

- Indicadores Generales: PIC, PICa, PIF y PIFa.
- Indicadores Específicos.

A su vez, para realizar el seguimiento del PEGH propiamente tal, se han definido una serie de conceptos adicionales:

- Parámetro de referencia.
- Umbrales.
- Frecuencia de revisión.

Consecuentemente, seguidamente se detallan los siguientes indicadores, de tipo general y específicos, así como otros conceptos a tener en cuenta:

- **Indicadores Generales.** Cuantifican el grado de avance del PEGH a nivel global, considerando la relación existente entre iniciativas comenzadas y/o finalizadas versus la programación planificada según la carta Gantt. Considera 4 indicadores:

    - Porcentaje de iniciativas comenzadas (PIC). Se calcula como el cociente entre el número de iniciativas comenzadas en el año *i* y el número de iniciativas planificadas en el año *i*.
    - Porcentaje de iniciativas comenzadas acumulada (PICa). Se calcula como el cociente entre el número de iniciativas comenzadas hasta año *i* y el número de iniciativas planificadas hasta el año *i*.
    - Porcentaje de iniciativas finalizadas (PIF). Se calcula como el cociente entre el número de iniciativas finalizadas en el año *i* y el número de iniciativas planificadas en el año *i*.
    - Porcentaje de iniciativas finalizadas acumulada (PIFa). Se calcula como el cociente entre el número de iniciativas finalizadas hasta año *i* y el número de iniciativas planificadas hasta el año *i*.

- **Indicadores Específicos.** Dan cuenta del porcentaje de avance de la implementación de las iniciativas clave del Plan de Acción.
    - Porcentaje de avance iniciativa Nº1. Se calcula como el cociente entre el avance real y lo planificado. Este cálculo se obtiene a partir de la carta Gantt específica de la iniciativa 1, cronograma que debe confeccionarse al momento de comenzar el proyecto en particular. Adicionalmente este indicador tiene definido un tiempo máximo para su implementación.

- Porcentaje de avance iniciativa Nº2. Se calcula como el cociente entre el avance real y lo planificado. Este cálculo se obtiene a partir de la carta Gantt específica de la iniciativa 2, cronograma que debe confeccionarse al momento de comenzar el proyecto en particular. Adicionalmente este indicador tiene definido un tiempo máximo para su implementación.

La Tabla 36 muestra una propuesta preliminar de indicador o hito de referencia para cada acción propuesta.

Tabla 36. Propuesta de indicadores por acción.

| **Línea de acción** | **Nombre acción** | **Objetivo** | **Indicador** |
|---|---|---|---|
| Ámbito social y cultural | Incentivar la incorporación de las mujeres en la gestión de los recursos hídricos. | Implementar acciones de equidad de género para hacer sustentable la gestión del agua en la cuenca del Biobío. | 1) Número de acciones propuestas<br>2) Número de mujeres capacitadas<br>3) Número de Talleres realizados. |
| Ámbito social y cultural | Estudio para formular un modelo intercultural de gestión del agua en la cuenca alta del río Biobío | Compatibilizar el modelo chileno de gestión del agua, con el uso consuetudinario del agua, que hacen las comunidades pehuenches. | 1) Número de Talleres realizados.<br>2) Al menos una Consulta Indígena<br>3) Un plan de campatibilización del modelo chileno de gestión del agua. |
| Ámbito social y cultural | Incorporación de prácticas de trabajo colaborativo en la gestión del agua de la cuenca del Biobío | Fortalecer la gestión del agua de la cuenca del Biobío, en un modelo de trabajo colaborativo, con planificaciones que involucren metas comunes y acciones concertadas. | 1) Número de actividades de capacitación realizadas<br>2) Número de personas capacitadas<br>3) Número de iniciativas propuestas<br>4) Manual para el trabajo colaborativo. |
| Calidad de aguas | Estudio de las fuentes de contaminación puntual y difusa de la cuenca del río Biobío | Desarrollar un levantamiento de información acerca de todos los flujos de contaminantes que actualmente recibe la cuenca, con el fin de futuros planes de gestión, modelamiento matemático de la contaminación, entre otros. | 1) Implementación de sistemas de monitoreo de terreno<br>2) Desarrollo de modelo<br>3) Ajuste y validación de modelo |
| Calidad de aguas | Desarrollo de un plan de manejo de contaminantes asociados a nutrientes | Implementar un plan de gestión de contaminantes (nutrientes) que actualmente están presentes en las aguas superficiales de la cuenca del Biobío. | 1) Modelo conceptual asociado a las emisiones de nutrientes de la cuenca<br>2) Identificación de las principales fuentes de emisión de nutrientes<br>3) Desarrollo de plan de gestión<br>4) Validación del plan de gestión con actores involucrados |

| Línea de acción | Nombre acción | Objetivo | Indicador |
|---|---|---|---|
| Calidad de aguas | Analizar la reutilización y regeneración de las aguas residuales del sector sanitario e industrial de la cuenca. | Evaluar la factibilidad de reutilizar y regenerar por industria o sector sanitario. | 1) Diagnóstico de calidad de aguas<br>2) Propuestas de solución<br>3) Número de soluciones por sector. |
| Calidad de aguas | Estudio diagnóstico e implementación de sistemas de vigilancia epidemiológicas. | Diseñar, montar y poner en marcha una herramienta basada en análisis de microbioma, para el monitoreo de calidad microbiológica de aguas y vigilancia epidemiológica en escenario de cambio climático. | 1) Implementación de sistemas de monitoreo de terreno<br>2) Laboratorio operativo<br>3) Plataforma de vigilancia operativa. |
| Fortalecimiento de OUA | Programa fortalecimiento de las OUA de los ríos Renaico y Malleco | Mejorar la eficiencia en el uso de las aguas de los ríos Malleco y Renaico mediante el fortalecimiento de sus OUA, reglamentaciones y estatutos. | 1) Al menos dos comunidades de aguas organizadas<br>2) Estatutos modificados para cada OUA<br>3) Registros de comuneros y usuarios actualizados en cada OUA<br>4) 10 Dirigentes y usuarios capacitados en cada OUA.<br>5) al menos 2 Juntas generales de usuarios realizadas; actas de juntas generales y reuniones de directorios; rendición de cuentas (memoria anual) realizadas y otros indicadores del funcionamiento de una OUA. |
| Fortalecimiento de OUA | Catastro y diagnóstico de organizaciones de usuarios de aguas de la cuenca del río Biobío | Catastrar y diagnosticar la situación actual de las OUA de la cuenca del río Biobío | 1) Una Base de datos con OUA existentes<br>2) Un Diagnóstico organizacional, legal y de infraestructura por cada OUA. |
| Fortalecimiento de OUA | Modelo de transferencia tecnológica en gestión y uso del agua | Establecer un programa transferencia tecnológica y de conocimiento en gestión de las aguas. | 1) Un Modelo de transferencia<br>2) Implementación del modelo<br>3) Número de talleres realizados |
| Fortalecimiento de OUA | Plataforma de Gestión Integrada de Información de RRHH | Desarrollar e implementar una plataforma integrada de información de RRHH libre acceso | 1) Un diseño de plataforma<br>2) Una Plataforma implementada |
| Fortalecimiento de OUA | Estudio de definición de deslindes propietarios | Definir deslindes de los principales cauces de la cuenca del Biobío | 1) Una Definición de ribera en base a cálculos hidrológicos<br>2) Un sistema SIG con áreas y deslindes. |
| Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos | Actualización del catastro de aguas subterráneas (con y sin registro DGA) | Generar un catastro actualizado de los pozos existentes en la cuenca del Biobío | 1) Número de pozos catastrados<br>2) Un Diagnóstico realizado<br>3) Una base de datos georeferenciada. |
| Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos | Realizar un análisis de la actual limitación de SHAC | Redefinir los SHACs en la cuenca del Biobío | 1) Definición de criterios para redefinición<br>2) Reporte de actuales SHAC y falencias<br>3) Número de nuevos sectores definidos |

| Línea de acción | Nombre acción | Objetivo | Indicador |
|---|---|---|---|
| Gestión institucional y privada de la explotación de acuíferos | Mejorar la red de monitoreo de aguas subterráneas en la cuenca (nivel y caudal) | Apoyar a pequeños agricultores y APR a implementar sistema de control de extracciones de pozos | 1) Definición de público objetivo<br>2) Número de entrevistas con actores relevantes<br>3) Número de visitas técnicas<br>4) Número de sistemas implementados |
| Información respecto al mercado del agua y DAA | Catastro de distintas fuentes para actualizar la información existente en el CPA | Conocer la disponibilidad y factibilidad de otorgar DAA en la cuenca del río Biobío en función de la nueva información producto del catastro. | 1) Una base de datos con DAA existentes.<br>2) Estimación de la disponibilidad de DAA. |
| Información respecto al mercado del agua y DAA | Diagnóstico para desarrollar un visualizador espacializado del mercado del agua | Diagnosticar la calidad de la información de transacciones informada por los CBR y proponer mejoras, para desarrollar un visualizador del mercado del agua donde se identifiquen cuencas con mayor número de transacciones, analizar tendencias de mercado, entre otras. | 1) Diagnóstico desarrollado<br>2) Diseño de una plataforma<br>3) Desarrollo de una plataforma en la cuenca del río Biobío. |
| Infraestructura hidráulica | Diagnóstico de infraestructura de riego en la cuenca del río Biobío. | Contribuir a la gestión de los recursos hídricos de la cuenca del río Biobío, mediante el catastro y evaluación de la infraestructura de riego existente, y la planificación de la inversión futura en obras de riego e instrumentación. | 1) Caracterización organizacional<br>2) Número de canales visitados<br>3) Un Diagnóstico de infraestructura por canal<br>4) Al menos 10 Propuestas de solución por canal. |
| Infraestructura hidráulica | Diagnóstico y propuestas de monitoreo de extracciones en canales (telemetría bocatomas) | Catastrar y diagnosticar red de monitoreo para el control de extracción de aguas superficiales en canales, y proponer una red de telemetría que contribuya a la correcta extracción de las aguas. | 1) Número de canales visitados<br>2) Un Diagnóstico de infraestructura por bocatoma.<br>3) Al menos una propuesta de sistemas de monitoreo por bocatoma. |
| Infraestructura hidráulica | Diagnóstico intrapredial de eficiencia del uso del agua y equipos de riego | Evaluar la eficiencia de aplicación del agua intrapredial en predios de distintos estratos según método de riego y proponer acciones para mejorar la eficiencia de aplicación. | 1) Definición de tamaño muestral<br>2) Número de sistemas de riego evaluados<br>3) Diagnóstico de cada sistema evaluado.<br>4) Una propuesta de programa de transferencia para mejorar la eficiencia de riego a nivel predial por estrato de agricultor |

| Línea de acción | Nombre acción | Objetivo | Indicador |
|---|---|---|---|
| Infraestructura hidráulica | Estudio diagnóstico y propuesta de soluciones para sistemas APR | 1) Identificar y proponer soluciones de sistemas de APR para abastecimiento hídrico de zonas vulnerables o que actualmente estén siendo abastecidas con camiones aljibes.<br>2) Catastrar y diagnosticar el estado actual de infraestructura, operación y mantención de los sistemas APR, a fin de determinar necesidades de mejoras y establecer programas de formación de capacidades para la correcta operación de los sistemas. | 1) Identificación de zonas críticas<br>2) Diagnóstico de infraestructura<br>3) Detección de brechas<br>4) Propuesta de soluciones de infraestructura para cada APR diagnosticada.<br>5) Una Propuesta de programa de capacitación. |
| Monitoreo de los recursos hídricos | Red de Monitoreo en Nieve y Glaciares | Implementar una red de monitoreo de nieves y glaciares en la cuenca del río Biobío | 1) Caracterización de la zona de estudio<br>2) Determinación de número de estaciones de la red.<br>3) Implementación de una red de monitoreo de Nieve y Glaciares. |
| Monitoreo de los recursos hídricos | Red de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas de la cuenca del Biobío | Desarrollar una red de monitoreo de la calidad del agua subterránea de la cuenca del Biobío | 1) identificación de red de pozos y punteras operativas en toda la cuenca.<br>2) Una campaña de monitoreo en al menos dos estaciones del año por pozo.<br>3) Una plataforma de monitoreo de calida del agua. |
| Monitoreo de los recursos hídricos | Implementación de una red de monitoreo de humedales y sus ecosistemas (Calidad de aguas, balance hídrico, entre otros) | Proponer e implementar una red de sensoramiento para el monitoreo constante de las variables hídricas de los humedales y ecosistemas asociados | 1) Caracterización de la zona de estudio<br>2) Determinación de número de estaciones<br>3) Implementación de una plataforma de monitoreo de humedales. |
| Monitoreo de los recursos hídricos | Ampliación de la red instrumental nacional | Determinar zonas y variables para complementar la disponibiidad de información hidro-meteorológica y ecológica existente. | 1) % de aumento de las métricas en relación a lo existente.<br>2) % de aumento de la densidad de sensores de tipo xx en la cuenca (n sensores xx/km2 de cuenca).<br>3) % aumento de la densidad de sensores tipo yy a lo largo del río (n sensores yy/km de rio). |
| Riesgos asociados a las aguas de la cuenca | Realizar un análisis de eventos extremos asociados al cambio climático (precipitaciones máximas, sequías, olas de calor). | Determinar desde un punto de vista meteorológico e hidrológico, los efectos del cambio climático en eventos extremos que pueden ocasionar sequías e inundaciones | 1) Un reporte con antecedentes previos y revisión bibliográfica del estado del arte.<br>2) Al menos un modelo de simulación calibrado por evento extremo.<br>3) Número de simulaciones por evento extremo asociado al cambio climático.<br>4) Un reporte de efectos de eventos extremos en los recursos hídricos de la cuenca. |

| Línea de acción | Nombre acción | Objetivo | Indicador |
|---|---|---|---|
| Riesgos asociados a las aguas de la cuenca | Analizar la vulnerabilidad de áreas críticas respecto a inundaciones (análisis de crecidas producto de lluvias o acción humana). | Reducir la vulnerabilidad de la población urbana y semi urbana de la cuenca del Biobio mediante la implementación de un sistema de alerta temprana. | 1) Número de zonas caracterizadas<br>2) Número de mapas de riesgo<br>3) Diseño de un sistema de alerta temprana<br>4) Un Sistema de alerta temprana implementado |

Fuente: Elaboración propia

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

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

- **Frecuencia de revisión y Plan de Acción.** El PM debe tener en cuenta las posibles revisiones del PEGH, de acuerdo con una frecuencia establecida y siguiendo un Plan de Acción fijado, según se detalla a continuación:

    - El PM considera el seguimiento de la implementación de las iniciativas durante los primeros cinco años, a través de los indicadores descritos anteriormente. Sin embargo, se considera la aplicación de un Plan de Acción, en caso de ser necesario, hasta el cuarto año. Lo anterior debido a la realización de una evaluación y rediseño del plan en su conjunto durante el quinto año, donde una de las variables a evaluar y rediseñar es el PM.
    - Si la evaluación realizada a través del PM indica que no se han cumplido con los umbrales definidos, es decir, existen desviaciones importantes respecto de lo planificado, se ejecutará un plan de acción, que tiene por objetivo replanificar el PEGH de modo de cumplir con los objetivos propuestos en los tiempos propuestos.

Además, se establecen mecanismos para la potencial reformulación del PEGH.

Adicionalmente, para realizar la evaluación de las iniciativas propiamente tal, se han definido en cada caso, siempre que sea posible:

- Indicadores de producto: dan cuenta del grado de cumplimiento de las iniciativas planificadas.
- Indicadores de impacto: permiten evaluar los resultados de las ejecuciones de las iniciativas respecto de las problemáticas o brechas existentes.

### 2.3.2 Seguimiento

El seguimiento del PEGH Aconcagua se expone en la Tabla 37, detallando los indicadores generales y específicos, los parámetros de referencia en cada caso y el umbral establecido.

Tabla 37. Seguimiento del PEGH Biobío.

| Tipo de indicador | Indicador de seguimiento | Umbral |
|---|---|---|
| General | PIC N° de iniciativas comenzadas/N° iniciativas planificadas al año | Umbral PIC 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año i hasta i+4 |
| | PICa N° de iniciativas comenzadas acumuladas/N° iniciativas acumuladas planificadas al año | Umbral PICa<br>1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar al año i hasta i+3 (valor acumulado)<br>2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a comenzar su implementación hasta el año i+4 (valor acumulado) |
| | PIF N° de iniciativas finalizadas/ N° iniciativas finalizadas planificadas al año | Umbral PIF 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar al año i hasta i+4 |
| | PIFa N° de iniciativas finalizadas acumuladas/N° iniciativas finalizadas acumuladas planificadas al año | Umbral PIFa 1) 80% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación el año i hasta i+3 (valor acumulado) 2) 100% de las iniciativas propuestas proyectadas a finalizar su implementación hasta el año i+4 (valor acumulado) |
| Específico | Porcentaje de avance de cada iniciativa | Iniciativa N°1: 100% año i |
| | | Iniciativa N°2: 100% año i+2 |

Según lo establecido anteriormente, se presenta seguidamente el Plan de Acción a considerar en el supuesto que no se hayan cumplido con los umbrales fijados en la Tabla 37, teniendo en cuenta que el PM se divide en dos periodos, los primeros 4 años y el año 5:

- Primer periodo (año i hasta i+4): El objetivo del Plan de Acción en este periodo consiste en reprogramar o replanificar las iniciativas que se encuentren atrasadas para el año siguiente al originalmente programado. Su valor corresponderá al número de iniciativas mínimas programadas para un determinado año (PIC, 80% anual) más las iniciativas retrasadas acumuladas.
- Segundo periodo (año i+5): El objetivo del Plan de Acción en este periodo es analizar si el PEGH ha cumplido en un 100% con su planificación. En caso negativo, el PM entregará el número de iniciativas que no fueron ejecutadas, información que será una variable de entrada en la evaluación, actualización y rediseño del PEGH, a través de los mecanismos para el análisis y toma de decisiones.

## 2.4 MECANISMOS PARA EL ANÁLISIS Y TOMA DE DECISIONES

La planificación tiene una componente dinámica, más aún considerando iniciativas relativas a los recursos hídricos, los cuales van de la mano con la evolución del contexto climático, incidiendo sobre la oferta hídrica en la cuenca, y los cambios inherentes en la demanda de agua del territorio, así como las relaciones entre los actores (fortalecimiento, conflictos).

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

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

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

a) Actualización del diagnóstico en la cuenca del río Biobío en materia de recursos hídricos, con especial atención a las brechas entre oferta y demanda, el estado de la infraestructura, la situación de gobernanza en el territorio y el estado ambiental de los cuerpos de agua de la cuenca.

b) Actualización de la cartera actual de acciones, tanto a nivel público como privado.

c) Actualización del modelo hidrológico superficial-subterráneo con la nueva data disponible, resolviendo brechas de modelización que hubieron quedado no resueltas durante el diseño del PEGH original.

d) Evaluación de las condiciones habilitantes de las iniciativas no ejecutadas.

e) Evaluación del resultado del Plan de Monitoreo el año i+4, mediante la cuantificación de las iniciativas no comenzadas/finalizadas del PEGH.

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

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

## 3 REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS


ahumada. 2015. Biblioteca del Congreso Nacional | SIIT | Emergencia Agrícola 2015 por los efectos de la Sequía [Formulario]. Bcn.Cl. https://www.bcn.cl/siit/actualidad-territorial/emergencia-agricola-2015-por-los-efectos-de-la-sequia

Aguayo, M., Stehr, A., Link, O. 2016. Respuesta hidrológica de una cuenca de meso escala frente a futuros escenarios de expansión forestal. Revista de Geografía Norte Grande, 65, 197-214.

Alegría María Angélica y Valdés Fernando. "El agua y los pueblos originarios aymarás y atacameños". Dirección General de Aguas - Ministerio de Obras Públicas, Jornadas de Derecho de Aguas, Santiago de Chile, 2000.

Arcadis. (s. f.). Central Hidroeléctrica Angostura. Arcadis. Recuperado 21 de julio de 2020, de https://www.arcadis.com/es-cl/chile/lo-que-hacemos/nuestros-proyectos/latin-america/chile/central-hidroelectrica-angostura/

Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S. Williams, J.R. 1998 Large area hydrologic modeling and assessment - Part I: model development, JAWRA, 34, 73-89.

Arenas, J. 1995. Composición y distribución del macrozoobentos del curso principal del río Biobío, Chile. Medio Ambiente, 12(2), 39-50.

Arumí, J. L., Rivera, D., Muñoz, E., & Billib, M. 2012. Interacciones entre el agua superficial y subterránea en la región del Bío Bío de Chile. Obras y proyectos, (12), 4-13.

Arumí JL, H. Maureira, M. Souvignet, C. Pérez, D. Rivera & R. Oyarzún 2016: Where does the water go? Understanding geohydrological behaviour of Andean catchments in south-central Chile, Hydrological Sciences Journal, VOL. 61, NO. 5, 844–855 DOI: 10.1080/02626667.2014.934250

Arumí JL; Oyarzún R; Muñoz E; Rivera D; y Aguirre E. 2014. Caracterización de dos grupos de manantiales en el río Diguillin, Chile. Water Technology and Sciences. Vol. V, núm. 6, noviembre-diciembre de 2014, pp. 151-158

Barra, R., Popp, P., Quiroz, R., Treutler, HC, Araneda, A., Bauer, C., & Urrutia, R. 2006. Flujos de hidrocarburos aromáticos policíclicos durante los últimos 50 años observados en núcleos de sedimentos datados de lagos de montaña andina en el centro sur de Chile. Ecotoxicología y seguridad ambiental , 63 (1), 52-60.

Barbieri, M. 2019. Isótopos en hidrología e hidrogeología. Agua , 11 (2), 291.

Bertrán, C., Arenas, J., & Parra, O. 2001. Macrofauna del curso inferior y estuario del río Biobío (Chile): cambios asociados a ocasionales del caudal hídrico. Revista chilena de historia natural , 74 (2), 331-340.

Beltrán Romero, M. H. 2017. Calidad del agua del río Biobío a través de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores: 20 años después.

Basualto, S., A. Acuña & O. Parra. 1992. Contribución de biomasa fitoplanctónica del río Bio-Bío en el golfo de Arauco (36°42'-37°00'S y 73°10'-73°25'W). Rev. Biol. Mar., 27: 235-248.

BND. (s. f.). Pangue y Ralco—Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile. Memoria chilena. Recuperado 2 de agosto de 2020, de http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-96731.html

Bozkurt, D., Rojas, M., Boisier, J. P., Valdivieso, J. 2017. Climate change impacts on hydroclimatic regimes and extremes over Andean basins in central Chile. Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss, 2017, 1-29.

Brown Ernesto. "INVESTIGACIÓN SISTÉMICA SOBRE REGÍMENES DE GESTIÓN DEL AGUA - EL CASO DE CHILE. Sistema de administración. GWP. 2004.

Bucak, T., Trolle, D., Andersen, H. E., Thodsen, H., Erdoğan, Ş., Levi, E. E., Filiz, N., Jeppesen, E., & Beklioğlu, M. 2017. Future water availability in the largest freshwater Mediterranean lake is at great risk as evidenced from simulations with the SWAT model. Science of The Total Environment, 581-582, 413-425. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.149

Buchi Hernán. "LA TRANSFORMACIÓN ECONÓMICA DE CHILE: DEL ESTATISMO A LA LIBERTAD ECONÓMICA". Grupo Editorial Norma. Santiago de Chile, 1993.

Campos, H., Alay, F., Ruiz, V., Gavilán, J. 1993. Antecedentes biológicos de la fauna íctica presente en la hoya hidrográfica del río Biobío. En: Seminario Limnología y Evaluación de Impacto Ambiental (Eds. Faranda F, Parra O). Ediciones Centro EULA-Chile, Universidad de Concepción, Chile. 70-72.

Cancino, S. (2011). Variación espacio-temporal de comunidades fitoplanctónicas en el continuo río-mar, en relación a los nutrientes inorgánicos. Congreso de ciencias del mar.

Cayuqueo, P. (2006, marzo 20). Amplio respaldo a marcha mapuche por el agua. América Latina en movimiento. https://www.alainet.org/es/active/10920

Centro de Cambio Global-Universidad Católica de Chile, Stockholm Environment Institute. 2009. Guía Metodológica – Modelación Hidrológica y de Recursos Hídricos con el Modelo WEAP.

Chamorro, S., Hernández, V., Matamoros, V., Domínguez, C., Becerra, J., Vidal, G., & Bayona, J. M. (2013). Chemical characterization of organic microcontaminant sources and biological effects in riverine sediments impacted by urban sewage and pulp mill discharges. Chemosphere, 90(2), 611-619.

Chen, H., Ma, L., Guo, W., Yang, Y., Guo, T., & Feng, C. 2013. Linking Water Quality and Quantity in Environmental Flow Assessment in Deteriorated Ecosystems: A Food Web View. PLOS ONE, 8(7), e70537. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070537

Chow, V. T., Maidment, D. R., Mays, L. W. 1994. Hidrología Aplicada. Bogotá: McGraw-Hill.

CNR. 1998. Proyecto Canal Laja-Diguillin Informe. Sociedad de Ingeniería y Planificación Ltda. Chile.

CNR. 2003. Diagnóstico actual del riego y drenaje en Chile y su proyección. Informe final. Diagnóstico del riego y drenaje en la VIII Región. http://bibliotecadigital.ciren.cl//handle/123456789/9342

CNR. 2017a. Estudio básico Diagnóstico para desarrollar plan de riego en Cuenca del Biobío. Informe final. http://bibliotecadigital.ciren.cl//handle/123456789/26762

CNR. 2017b. Estudio básico. Diagnóstico del estado actual de los tranques CORA VIII y IX región. Ministerio de Agricultura. http://bibliotecadigital.ciren.cl//handle/123456789/26782

CNR. "ESTUDIO BÁSICO DIAGNÓSTICO SITUACIÓN LEGAL DE LAS ORGANIZACIONES DE USUARIOS DEL AGUA (OUA) REGIONES IX, XIV Y X", Santiago de Chile, 2013.

CNR. "MANUAL AVANZADO PARA PROFESIONALES DE LAS ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUAS". Santiago de Chile, 2018.

CNR. ESTUDIO BÁSICO DIAGNÓSTICO PARA DESARROLLAR PLAN DE RIEGO EN LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA". Santiago de Chile, 2017.

Código Civil. Biblioteca del Congreso Nacional, mayo de 2020.

Código de Aguas. Biblioteca del Congreso Nacional, enero de 2018.

Colbún, A. 2008. Resumen Ejecutivo, EIA Proyecto central hidroeléctrica Angostura. https://seia.sea.gob.cl/documentos/documento.php?idDocumento=3142188

CONADI. "REGISTRO DE COMUNIDADES Y ASOCIACIONES INDÍGENAS". http://siic.conadi.cl/.

Dawson, C. W., R. J. Abrahart and L. M. See 2007, HydroTest: A web-based toolbox of evaluation metrics for the standardised assessment of hydrological forecasts, Environmental Modelling & Software, 22, 1034-1052

Daza, G., Peñas, F. y Muñoz, E. 2017. Análisis espacial de variables ambientales a través del desarrollo y estudio de cuencas virtuales en Chile (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.

De Pesca, S. 2015. Informe Técnico AMERB Nº 008/2015. Evaluación técnica 6° informe de seguimiento.

Demaria, E. M. C., Maurer, E. P., Thrasher, B., Vicuña, S., Meza, F. J. 2013. Climate change impacts on an alpine watershed in Chile: Do new model projections change the story?. Journal of hydrology, 502, 128-138.

DGA. 2013. Levantamiento hidrogeológico en cuencas pluviales costeras en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y Región del Bío-bío. Realizado por Aqualogy Medioambiente Chile S.A. Para la Dirección General de Aguas.

DGA. 1987. Balance hidrológico de Chile. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Santiago, Chile.

DGA. 1991. Estudio de síntesis de Catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento. Ministerio de Obras Públicas. http://bibliotecadigital.ciren.cl//handle/123456789/2427

DGA. 2000. Levantamiento de bocatomas en cauces naturales. http://bibliotecadigital.ciren.cl//handle/123456789/2756

DGA. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del río Imperial. Dirección General de Aguas Ministerio de Obras Públicas Santiago.

DGA. 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del río Biobío. Dirección General de Aguas, Santiago, Chile.

DGA. 2008. Manual de Normas y Procedimientos para la administración de Recursos Hídricos DGA

DGA. 2009. Informe técnico DEP N° 03. Caudal de reserva para abastecimiento de la población en la cuenca del río Queuco, región del Biobío. Ministerio de Obras Públicas.

DGA. 2010. Aplicación de modelación superficial en cuencas pluviales de las regiones del Maule, Bío bío y la Araucanía. Ministerio de Obras Públicas.

DGA. 2011. Estudio Hidrogeológico Cuencas Bío Bío e Itata. Ministerio de Obras Públicas; Dirección General de Aguas, Santiago, Chile. Disponible en internet en: http://documentos.dga.cl/SUB5348v1.pdf

DGA. 2012. Estudio hidrogeológico cuenca Bío Bío (S.I.T. N° 297). DGA. https://snia.mop.gob.cl/sad/SUB5433v1.pdf

DGA. 2014. Inventario Publico de Glaciares (IPG). Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Santiago, Chile.

DGA. 2016. Atlas del agua -Chile 2016. Santiago, MOP.

DGA. 2017. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL, PROYECCIONES FUTURAS Y CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CHILE Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas. Santiago, Chile.

DGA. 2018. "DIAGNÓSTICO NACIONAL DE ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUAS". SIT 422. Santiago de Chile, agosto de 2018.

DGA. 2018a. Análisis de Mercados de Derechos de Aprovechamientos de Aguas en Chile (p. 90).

DGA. 2018b. SUSTENABILIDAD DE ASENTAMIENTOS HUMANOS RURALES EN CHILE. ANALISIS DESDE LOS COMITÉS DE AGUA POTABLE RURAL- CUENCA DEL COPIAPÓ, HUASCO Y QUEBRADA TOTORAL (Y COSTERAS HASTA QUEBRADA CARRIZAL). 93.

DGA. 2019. "APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE ACTUALIZACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO NACIONAL EN LAS CUENCAS DE LA MACROZONA SUR Y PARTE NORTE DE LA MACROZONA AUSTRAL", diciembre de 2019.

DGA. 2019a. Desarrollo de Herramienta para el Análisis de Gestión en el Marco del Plan Nacional de Recursos Hídricos, SIT N° 445 desarrollado por DICTUC S.A. & SEI. Santiago de Chile.

DGA. 2019b. Migración de modelos hidrogeológicos desarrollados en VISUAL-MODFLOW y GROUNDWATER VISTAS hacia su estado nativo de código MODFLOW. SIT N° 447 desarrollado por Pontificia Universidad Católica. Santiago de Chile.

DGA. 2020a. Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca de Aconcagua. Noviembre 2020.

DGA. 2020b. Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca de Limarí. Noviembre 2020.

DGA. 2020c. Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca de Choapa. Noviembre 2020.

DGA. 2020d. Plan estratégico de gestión hídrica en la cuenca de Elqui. Noviembre 2020.

DGA. 2019. Diagnóstico de la calidad de las aguas subterráneas de las regiones de Ñuble y del Biobío. Ministerio de Obras Públicas.

DGA. "Página web del registro público de organizaciones de usuarios": https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/OU/Paginas/default.aspx.

Diario Concepción. "EL MILLONARIO NEGOCIO DE VENTAS DE DERECHOS DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y REGADÍOS EN BIOBÍO". 19 de enero de 2020: https://www.diarioconcepcion.cl/economia/2020/01/19/el-millonario-negocio-de-ventas-de-derechos-de-agua-para-consumo-humano-y-regadios-en-bio-bio.html.

Díaz Arellano, P., Jaque Castillo, E., Ojeda, C. G., Díaz Arellano, P., Jaque Castillo, E., & Ojeda, C. G. 2018. HIDRIC RESOURCE PRESSURE IN HIGH MOUNTAIN LAKE ENVIRONMENTS: BETWEEN CLIMATE CHANGE AND ENERGY DEVELOPMENT. LAGUNA DEL LAJA, CHILE. Diálogo andino, 55, 143-158. https://doi.org/10.4067/S0719-26812018000100143

Donoso Guillermo, Jouravlev Andrei, Peña Humberto, Zegarra Eduardo. "MERCADO (DE DERECHOS) DE AGUA: EXPERIENCIAS Y PROPUESTAS EN AMÉRICA DEL SUR". CEPAL. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile. 2004.

Dourojeanni Axel, Jouravlev Andrei. "EL CÓDIGO DE AGUAS DE CHILE: ENTRE LA IDEOLOGÍA Y LA REALIDAD". CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile, octubre de 1999.

Duhart Daniela. 2019. "DEBILIDAD INSTITUCIONAL EN LA GESTIÓN DE LAS AGUAS EN CHILE: REFLEXIONES A PARTIR DEL ESTUDIO DE LOS SISTEMAS DE INGLATERRA Y AUSTRALIA (NEW SOUTH WALES) Y OTRAS EXPERIENCIAS COMPARADAS". La regulación de las aguas: nuevos desafíos del siglo XXI. Actas de las II Jornadas del régimen jurídico de las aguas, Costa, Ezio; Montenegro, Sergio (dir.), DER Ediciones. pp. 3-46.

Duhart Daniela. "GESTIÓN INSTITUCIONAL DEL AGUA: ALGUNAS EXPERIENCIAS COMPARADAS", revista de derecho ambiental. Año IX, N° 9, diciembre 2017.

E. Muñoz, J. L. Arumí, T. Wagener, R. Oyarzún, and V. Parra 2016, Unraveling complex hydrogeological processes in Andean basins in south-central Chile: An integrated assessment to understand hydrological dissimilarity, Hydrol. Process., doi: 10.1002/hyp.11032

EMOL. 05 de mayo de 2018: https://www.emol.com/noticias/Nacional/2018/05/05/905013/Mapa-Camina-Alto-Biobio-y-Colchane-son-las-comunas-con-un-porcentaje-mayor-de-poblacion-de-pueblos-originarios.html

ENDESA, & Electrowatt Ingenieros Consultores (Chile) S.A. 1996. Resumen ejecutivo. Evaluación de impacto ambiental, central hidroeléctrica Ralco. https://seia.sea.gob.cl/expediente/expedientesEvaluacion.php?id_expediente=56&idExpediente=56

Equipo Nizkor. 2000, enero. El Proyecto Ralco de ENDESA en Chile: Un caso de genocidio. http://www.derechos.org/nizkor/espana/doc/endesa/arcis.html

Espinosa Marín, J. A. Evaluación de la vulnerabilidad climática de la cuenca del río Limarí usando un modelo semidistribuido SWAT. Universidad de Concepción, 2010, Chillán, Chile. (Tesis de Doctorado).

Estatutos de la Junta de Vigilancia del Río Malleco y sus Afluentes. DGA.

Falvey, M. y Garreaud, RD 2005. Variabilidad de la humedad sobre el altiplano sudamericano durante la temporada de observación del experimento de chorro de

bajo nivel sudamericano (SALLJEX). Revista de Investigación Geofísica: Atmósferas , 110 (D22).

Fiege, K., Miller, CA, Robinson, LF, Figueroa, R. y Peucker-Ehrenbrink, B. 2009. Isótopos de estroncio en ríos chilenos: el flujo de Sr continental no radiogénico al agua de mar. Geología química , 268 (3-4), 337-343.

Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., Parra, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. Revista Chilena de Historia Natural. 76, 275–285.

Figueroa, R., Palma, A., Ruiz, V., Niell, X. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. Revista Chilena de Historia Natural. 80, 225–242.

Fuente: Emol.com - https://www.emol.com/noticias/Nacional/2018/05/05/905013/Mapa-Camina-Alto-Biobio-y-Colchane-son-las-comunas-con-un-porcentaje-mayor-de-poblacion-de-pueblos-originarios.html

Fundación Chile. "RADIOGRAFÍA DEL AGUA: BRECHA Y RIESGO HÍDRICO EN CHILE", junio 2018.

Gabay Mónica. "APUNTES SOBRE LA GOBERNANZA DEL AGUA EN ARGENTINA". Gobernanza del agua en un contexto iberoamericano. Sao Paulo, Brasil, 2015.

Gajardo Michell, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Santiago, Chile: Editorial Universitaria.

Galleguillos, M., Zambrano, M., Puelma, C., & Jopia, A. 2017. Evaluación espaciotemporal del déficit hídrico para las cuencas de Chile a partir de información satelital. Escenarios Hídricos, 2030.

Gambardella, B., Cardellini, C., Chiodini, G., Frondini, F., Marini, L., Ottonello, G., & Zuccolini, M. V. (2004). Fluxes of deep CO2 in the volcanic areas of central-southern Italy. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 136(1-2), 31-52.

García María del Pilar. "Los derechos a la naturaleza pueden ser más humo que protección". Entrevista publicada en La Silla Académica. Febrero de 2020: https://lasillavacia.com/silla-academica/universidad-externado-colombia/los-derechos-naturaleza-pueden-ser-mas-humo.

Garreaud, R. D., Alvarez-Garreton, C., Barichivich, J., Boisier, J. P., Christie, D., Galleguillos, M., LeQuesne, C., McPhee, J., & Zambrano-Bigiarini, M. 2017. The 2010–2015 megadrought in central Chile: Impacts on regional hydroclimate and vegetation. Hydrology and Earth System Sciences, 21(12), 6307-6327. https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017

Garreaud, R. D., Boisier, J. P., Rondanelli, R., Montecinos, A., Sepúlveda, H. H., & Veloso-Aguila, D. 2020. The Central Chile Mega Drought (2010–2018): A climate dynamics perspective. International Journal of Climatology, 40(1), 421-439.ttps://doi.org/10.1002/joc.6219

Garreaud, R., M. Falvey, and A. Montecinos, 2016: Orographic Precipitation in Coastal Southern Chile: Mean Distribution, Temporal Variability, and Linear Contribution. J. Hydrometeor., 17, 1185–1202, https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0170.1

Griffioen, J. 2001. Relaciones de adsorción de potasio como indicador del destino del potasio agrícola en las aguas subterráneas. Diario de hidrología , 254 (1-4), 244-254.

Gutiérrez Ricardo. "TEORÍA Y PRAXIS DE LOS DERECHOS AMBIENTALES EN ARGENTINA". Temas y debates 30/año 19/julio-diciembre 2015/pp 13 a 36.

Habit, E., Belk, M., Tuckfield, C., Parra, O. 2006a. Response of the fish community to human-induced changes in the Biobío River in Chile. Freshwater Biology. 51(1), 1 – 11.

Harbaugh, A.W. 2005. MODFLOW-2005, The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model—the Ground-Water Flow Process. U.S. Geological Survey Techniques and Methods 6-A16.

Harlin, J. 1991. Development of a process oriented calibration scheme for the HBV hydrological model. Nord. Hydrol. 1991, 22, 15–36. doi:10.2166/nh.1991.0002.

Horan, R.; Rickards, N.J.; Kaelin, A.; Baron, H.E.; Thomas, T.; Keller, V.D.J.; Mishra, P.K.; Nema, M.K.; Muddu, S.; Garg, K.K.; Pathak, R.; Houghton-Carr, H.A.; Dixon, H.; Jain, S.K.; Rees, G. Extending a Large-Scale Model to Better Represent Water Resources without Increasing the Model's Complexity. Water 2021, 13, 3067. https://doi.org/10.3390/w13213067

INDAP y CNR. "PROYECTO "FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN PRIVADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL RÍO RENAICO, REGIONES DEL BIO BÍO Y ARAUCANÍA", Santiago de Chile, 2013.

Jouravlev Andrei. "LOS MUNICIPIOS Y LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS". CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile, noviembre de 2003.

Kilroy, C., Larned, ST y Biggs, BJF 2009. La diatomea no autóctona Didymosphenia geminata altera las comunidades bentónicas en los ríos de Nueva Zelanda. Biología de agua dulce , 54 (9), 1990-2002.

Kiparsky, M., Owen, D., Nylen, N. M. G., Doremus, H., Christian-Smith, J., Cosens, B. A., Fisher, A. T., & Milman, A. 2016. Designing Effective Groundwater Sustainability Agencies: Criteria for Evaluation of Local Governance Options. Undefined. /paper/Designing-Effective-Groundwater-Sustainability-for-Kiparsky-Owen/69a15c8682958275c01c0defe74b19117443507f

Krogh, S. A., Pomeroy, J. W., McPhee, J. 2015. Physically based mountain hydrological modeling using reanalysis data in Patagonia. Journal of Hydrometeorology, 16, 172-193.

Kundu, S., Khare, D., & Mondal, A. 2017. Individual and combined impacts of future climate and land use changes on the water balance. Ecological Engineering, 105, 42-57. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.04.061

La pesquería, D. E. (2014). Informe Técnico (R. Pesq.) N 083/2014.

La Tribuna. 2020, enero 16. Acuerdo por las aguas del Laja en su peor momento: "Esto no es solo culpa del clima". La Tribuna. https://www.latribuna.cl/cronica/2020/01/16/acuerdo-por-las-aguas-del-laja-en-su-peor-momento-esto-no-es-solo-culpa-del-clima.html

Lee, T. R., & Juravlev, A. S. 1998. Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua. 100.

Léniz, B., Vargas, C. A., & Ahumada, R. 2012. Characterization and comparison of microphytoplankton biomass in the lower reaches of the Biobío River and the adjacent

coastal area off Central Chile during autumn-winter conditions. Latin American Journal of Aquatic Research, 40(4), 847-857.

Ley 19.253. "ESTABLECE NORMAS SOBRE PROTECCION, FOMENTO Y DESARROLLO DE LOS INDIGENAS, Y CREA LA CORPORACION NACIONAL DE DESARROLLO INDIGENA". Biblioteca del Congreso Nacional, julio de 2020.

Taucare, M., Daniele, L., Viguier, B., Vallejos, A., & Arancibia, G. 2020. Recursos hídricos subterráneos y procesos de recarga en el Frente Andino Occidental de Chile Central. Ciencia del Medio Ambiente Total , 722 , 137824.

Mandujano Nicolás y Crocco Juan José. GOBERNANZA Y DERECHO DE AGUAS EN CHILE. Universidad Autónoma de Chile, 2017.

Markovich, K., H. Dahlke, J.L. Arumí, R. Maxwell and G. E. Fogg. 2019. Bayesian hydrograph separation in a minimally gauged alpine watershed in central Chile. Journal of Hydrology, 575, pp 1288-1300. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.06.014. IP 3.727)

McDonald, M.G., Harbaugh, A.W. A Modular Three-Dimensional Finite-Difference Ground-Water Flow Model; Scientific Publications Company: Reston, VA, USA, 1984.

McPhee, J., Videla, Y. 2014. Combining point and distributed snowpack data with landscape-based discretization for hydrologic modeling of the snow-dominated Maipo River basin, in the semi-arid Andes of Central Chile. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 16).

Medina, Y., Muñoz, E. 2020. Estimation of Annual Maximum and Minimum Flow Trends in a Data-Scarce Basin. Case Study of the Allipén River Watershed, Chile. Water, 12, 162.

Melo Ovidio, "EXPERIENCIAS DE INTEGRACIÓN DE LA GESTIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS". Revista AGRYD N°30, Santiago de Chile, diciembre de 2019.

Melo Ovidio. "LA GOBERNANZA DEL AGUA EN CHILE – UNA VISIÓN DESARROLLADA A PARTIR DEL FORTALECIMIENTO DE LAS ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUAS". Gobernanza del agua en un contexto iberoamericano. Sao Paulo, Brasil, 2015.

Méndez Nestor. "NUEVOS SUJETOS EN EL DERECHO AMBIENTAL, UN TEMA DE ALTA ACTUALIDAD". Agosto de 2019.

Minagri. 2013. [en linea] https://ide.minagri.gob.cl/geoweb/2019/11/22/planificacion-catastral/ Consulta :14 mayo 2021]

Molina Raul. "DESCRIPCIÓN DE LAS COMUNIDADES PEWENCHE DEL QUEUCO Y ALTO BIOBÍO". Ralco, modernidad o etnocidio en Territorio mapuche. Roberto Morales (Compilador), Instituto de Estudios Indígenas, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile, 1998.

Mostrador, E. 2019, octubre 14. ¿Quién da más por el Renaico y el Queuco? El insólito remate de ríos y esteros en plena crisis hídrica. El Mostrador. https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2019/10/14/quien-da-mas-por-el-renaico-y-el-queuco-el-insolito-remate-de-rios-y-esteros-en-plena-crisis-hidrica/

Ministerio de Medio Ambiente (MMA). 2016. Monitoreo para la vigilancia de la norma secundaria de calidad de aguas de la cuenca del río Biobío. Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile.

Mundial, B. 2011. Diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos. Santiago: Publicación del.

Muñoz, MD y Urrutia, R. 2000. Ambiente y territorio en el proyecto Costanera del río Biobío. Urbano , Centro EULA. 3 (3), 23-31.

Muñoz, E., Mendoza, G. y Valdovinos, C. 2001. Evaluación rápida de la biodiversidad en cinco sistemas lénticos de Chile central: macroinvertebrados bentónicos. Gayana (concepción) , 65 (2), 173-180.

Muñoz, R., Köllner, C., Guieysse, B., & Mattiasson, B. 2003. Salicylate biodegradation by various algal-bacterial consortia under photosynthetic oxygenation. Biotechnology letters, 25(22), 1905-1911.

Muñoz, E. 2010. Desarrollo de un modelo hidrológico como herramienta de apoyo para la gestión del agua. Aplicación a la cuenca del Río Laja, Chile. Universidad de Cantabria, febrero de 2010, Santander, España. (Tesis de Máster).

Muñoz, E., Arumí, J. L., Rivera, D., Montecinos, A., Billib, M., Álvarez, C. 2014c. Gridded data for a hydrological model in a scarce-data basin. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Water Management, 167, 249-258. Thomas Telford Ltd.

Muñoz, E., Acuña, M., Lucero, J., & Rojas, I. 2018. Correction of precipitation records through inverse modeling in watersheds of south-central Chile. Water, 10(8), 1092.

Muñoz, E., Guzmán, C., Medina, Y., Boll, J., Parra, V., & Arumí, J. L. 2019. An Adaptive Basin Management Rule to Improve Water Allocation Resilience under Climate Variability and Change—A Case Study in the Laja Lake Basin in Southern Chile. Water, 11(8), 1733. https://doi.org/10.3390/w11081733

Muñoz, E., Rivera, D., Vergara, F., Tume, P., Arumí, J. L. 2014a. Identifiability analysis: towards constrained equifinality and reduced uncertainty in a conceptual model. Hydrological Sciences Journal, 59, 1690-1703.

Muñoz, E., Tume, P., Ortíz, G. 2014b. Uncertainty in rainfall input data in a conceptual water balance model: effects on outputs and implications for predictability. Earth Sciences Research Journal, 18, 69-75.

OCDE. "PRINCIPIOS DE GOBERNANZA DEL AGUA DE LA OCDE". Comité de Políticas de Desarrollo Regional de la OCDE, 11 de mayo de 2015.

ODEPA. 2016. Protocolo de agricultura sustentable. Oficina de Estudios y Política Agrarias, Ministerio de Agricultura. http://bibliotecadigital.ciren.cl//handle/123456789/26445

ONEMI. (s. f.). Planes Nacionales. ONEMI: Ministerio del Interior y Seguridad Pública -. Recuperado 2 de agosto de 2020, de https://www.onemi.gov.cl/planes-nacionales/

Orrego, R., Burgos, A., Moraga-Cid, G., Inzunza, B., González, M., Valenzuela, A., Barra, R., Gavilán, J.A. 2006. Effects of pulp and paper mill discharges on caged rainbow trout (Oncorhynchus mykiss): Biomarker responses along a pollution gradient in the Biobío River, Chile. Environmental Toxicology and Chemistry. 25, 2280-2287.

Orrego, R., Guchardi, J., Hernandez, V., Krause, R., Roti, L., Armour, J., Ganeshakumar, M., Holdway, D. 2009. Pulp and paper mill effluent treatments have differential endocrine-disrupting effects on rainbow trout. Environmental Toxicology and Chemistry. 28, 181–188.

Parra, O., Chuecas, L., Campos, H., Vighi, M., Vismara, R. 1993. Caracterización física y química y evaluación de la calidad para uso múltiple del agua del río Biobío (Chile Central). En: Evaluación de la calidad del agua y ecológica del sistema limnético y fluvial del río Biobío (F., Faranda y O., Parra, Eds.). Serie Monografías Científicas, vol. 2, Centro EULA, Universidad de Concepción, Chile.

Parra, O. & C. M. Bicudo. 1996. Algas de Aguas Continentales: Introducción a la Biología y Sistemática. Ediciones Universidad de Concepción. 268 pp.

Parra, O., Figueroa, R., Valdovinos, C., Habit, E., Díaz, M.E. 2013. Programa de monitoreo de calidad del agua del sistema río Biobío 1994-2012: Aplicación del anteproyecto de norma de la calidad del agua del río Biobío. Editorial Universidad de Concepción.

Parra, V., Arumí, J. L., Muñoz, E. 2019. Identifying a Suitable Model for Low-Flow Simulation in Watersheds of South-Central Chile: A Study Based on a Sensitivity Analysis. Water, 11, 1506.

Parra, V., J. L. Arumí, E. Muñoz, J. Paredes. 2019. Characterization of the groundwater storage systems in south-central Chile: An approach based on recession flow analysis. Water 2019, 11, 2324; doi:10.3390/w11112324.

Parra, V.; Fuentes-Aguilera, P.; Muñoz, E. 2018. Identifying advantages and drawbacks of two hydrological models based on a sensitivity analysis: a study in two Chilean watersheds. Hydrolog. Sci. J. 2018, 63, 1831–1843. doi:10.1080/02626667.2018.1538593.

Peña Humberto. "GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN CHILE". Documento presentado en el taller nacional Hacia un Plan Nacional de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Chile, 2003.

Pizarro, R. 1993. Elementos Técnicos de Hidrología III. Proyecto Regional Mayor sobre Uso y Conservación de Recursos Hídricos en Areas Rurales de América Latina y el Caribe. Universidad de Talca, Talca, Chile. 135 p.

Pizarro, J., Vergara, P. M., Rodríguez, J. A., Sanhueza, P. A., & Castro, S. A. 2010. Nutrients dynamics in the main river basins of the centre-southern region of Chile. Journal of Hazardous Materials, 175(1-3), 608-613.

Poblete, D., Vicuña, S., Meza, F., Bustos, E. 2012. Water resources modeling under Climate Change scenarios of Maule River Basin (Chile) with two main water intensive and competing sectors: Agriculture and Hydropower Generation. In IWA World Congress on Water, Climate and Energy.

Pochat Víctor. "ENTIDADES DE GESTIÓN DEL AGUA A NIVEL DE CUENCAS: EXPERIENCIA DE ARGENTINA". CEPAL, Recursos Naturales e Infraestructura, Santiago de Chile, 2005.

Pozo, K., Gomez, V., Torres, M., Vera, L., Nuñez, D., Oyarzún, P., ... & Klanová, J. 2019. Presencia y caracterización de microplásticos en peces de importancia comercial de la región del Biobío en Chile central. Boletín de contaminación marina, 140 , 315-319.

Raddatz Delgado, D. A. Efecto del cambio climático en la seguridad hidrológica de obras hidráulicas. Análisis en cuencas pluviales de la Zona Central de Chile para el Escenario A2. Universidad de Chile, 2011, Santiago, Chile. (Tesis Pregrado).

Reynolds Vargas, J., Fraile Merino, J., & Hirata, R. 2013. Tendencias en las concentraciones de nitratos y determinación de sus orígenes usando isótopos estables (18O y 15N) en el agua subterránea de la parte oeste del Valle Central, Costa Rica.

Retamal, M.R., Melo, O., Arumí, J.L., Parra O. 2012. " SUSTAINABLE WATER GOVERNANCE AND CLIMATE CHANGE IN CHILE: FROM THE SECTORAL MANAGEMENT SYSTEM TO AN INTEGRATED ONE?". Department Water Resources, Faculty of Agricultura Engineering, University of Concepción, Chile. Environmental, Political and Social Issues. Nova Science Publishers.

Retamal, M. R., Andreoli, A., Arumi, J. L., Rojas, J., & Parra, O. (2013). Gobernanza del agua y cambio climático: fortalezas y debilidades del actual sistema de gestión del agua en Chile. Análisis interno. Interciencia, 38(1), 8-16.

Ricardo Oyarzun, PhD; Jorge Oyarzún, DSc; Jerry P. Fairley, PhD; Jorge Núñez, Dr.; Nora Gómez; Jose Arumí L Arumí, PhD; Hugo Maturana. 2017. A simple approach for the analysis of the structural-geologic control of groundwater in an arid rural, mid-mountain, granitic and volcanic-sedimentary terrain: The case of the Coquimbo Region, North-Central Chile, Journal of Arid Environments 2017), http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.03.003

Riffo, A., Peñas, F. y Muñoz, E. 2017. Clasificación de los regímenes de caudales naturales en los ríos de Chile (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.

Rivera, P., Basualto, S. y Cruces, F. 2013. Acerca de la diatomea Didymosphenia geminata (Lyngbye) M. Schmidt: su morfología y distribución en Chile. Gayana. Botánica , 70 (1), 154-158.

Rizzo, L., Malato, S., Antakyali, D., Beretsou, VG, Đolić, MB, Gernjak, W., ... & Fatta-Kassinos, D. 2019. Métodos de tratamiento avanzados consolidados frente a nuevos para la eliminación de contaminantes de preocupación emergente de las aguas residuales urbanas. Ciencia del Medio Ambiente Total , 655 , 986-1008.

Rojas, O., Mardones, M., Arumí, J. L., & Aguayo, M. 2014. Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. Revista de Geografía Norte Grande, (57), 177-192.

Rozas, O., Vidal, C., Baeza, C., Jardim, WF, Rossner, A., & Mansilla, HD 2016. Microcontaminantes orgánicos (OMPs) en aguas naturales: Oxidación por tratamiento UV/H2O2 y evaluación de toxicidad. Investigación del agua , 98 , 109-118.

Ruelland, D., Dezetter, A., Hublart, P. 2014. Sensitivity analysis of hydrological modelling to climate forcing in a semi-arid mountainous catchment. In Hydrology in a Changing World: Environmental and Human Dimensions, Proc. 7th FRIEND Int. Conf., Montpellier, France (pp. 24-28).

Sandoval, E., Giacomo Baldo, Jorge Núñez, Jorge Oyarzún, Jerry P. Fairley, Hoori Ajami, José Luis Arumí, Evelyn Aguirre, Hugo Maturana & Ricardo Oyarzún (2018) Groundwater recharge assessment in a rural, arid, mid-mountain basin in North-Central Chile, Hydrological Sciences Journal, 63:13-14, 1873-1889, DOI: 10.1080/02626667.2018.1545095

Sandoval, Julio. 2003. El Riego en Chile. Dirección de obras hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.

Santibáñez, F. 2017. Atlas agroclimático de Chile. Estado actual y tendencias del clima. Retrieved from Santiago de Chile. http://www.agrimed.cl/images/contenido/Tomo4.pdf.

Sanzana. P., Aguirre I. Villegas R. 2020. Extracto: Curso Capacitación "Modelación Integrada Superficial y Subterránea Enfoques y casos de aplicación utilizando WEAP-MODFLOW". CEAZA 2020. Clase-Tutorial 8: Criterios de Sustentabilidad de Acuífero: Estrategias para abordarlos mediante librería Python: FloPy (Extracción de datos de Balances y Niveles). Rutina Python.

Sanzana, P., Moncada, A., Vicuña, S., Purkey, D., Suárez, F., Muñoz, J. F., & Gironás, J. 2021. Consideraciones Metodológicas para la Modelación Integrada Superficial y Subterránea en Planes de Gestión Hídrica a partir de proyectos realizados en Chile. URL: https://libros.uchile.cl/files/presses/1/monographs/1185/submission/proof/54/index.html.

Saavedra Mondaca, M. F. 2015. Evaluación de los efectos de efluentes de plantas tratamiento de aguas servidas sobre oncorhynchus mykiss mediante el uso de experimentos de laboratorio y terreno en la cuenca del río Bíobío.

Segovia Macarena. "¿QUIÉN DA MÁS POR EL RENAICO Y EL QUEUCO? EL INSÓLITO REMATE DE RÍOS Y ESTEROS EN PLENA CRISIS HÍDRICA?. Diario El Mostrador, 14 de octubre de 2019.

Seguel Alfredo. "LA LUCHA POR EL AGUA EN TERRITORIO MAPUCHE". https://www.ecoportal.net/temas-especiales/pueblos-indigenas/la_lucha_por_el_agua_en_territorio_mapuche/. Santiago de Chile, 2006.

Sentencia T-622/16. https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2016/t-622-16.htm.

Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). 2012. Guía para el uso de Modelos de Aguas Subterráneas en el SEIA. https://www.sea.gob.cl/sites/default/files/migration_files/guias/Guia_uso_modelo_aguas_subterraneas_seia.pdf.

Silva Hernando. "EL DERECHO HUMANO AL AGUA DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS Y EL PROYECTO DE REFORMA AL CÓDIGO DE AGUAS". Derechos humanos y pueblos indígenas en Chile hoy: Las amenazas al agua, a la biodiversidad y a la protesta social. Temuco, 2017.

Silva Hernando. "LA PROTESTA SOCIAL MAPUCHE Y LA RESPUESTA ESTATAL: CRIMINALIZACIÓN Y VIOLENCIA POLICIAL". Derechos humanos y pueblos indígenas en Chile hoy: Las amenazas al agua, a la biodiversidad y a la protesta social. Temuco, 2017.

Skoknic Francisca. "ANGOSTURA: LA HIDROELÉCTRICA QUE VUELVE A DESPERTAR AL BIOBÍO". https://ciperchile.cl/2008/12/04/angostura-la-hidroelectrica-que-vuelve-a-despertar-al-bio-bio/.

SMA (2014). Informe de fiscalización ambiental. Inspección ambiental y examen de la información CH Ralco. Superintendencia del Medio Ambiente, Gobierno de Chile.

Souvignet, M., Gaese, H., Ribbe, L., Kretschmer, N., Oyarzun, R. 2008. Climate change impacts on water availability in the Arid Elqui Valley, North Central Chile: a preliminary assessment. In IWRA World Water Congress, Montpellier, France.

Stehr, A., Debels, P., Arumí, J. L. 2008a. Modelling hydrological response to climate change; experiences from two south–central Chilean Watersheds. In 21st Century Watershed Technology: Improving Water Quality and Environment Conference Proceedings, 29 March-3 April 2008, Concepcion, Chile (p. 12). American Society of Agricultural and Biological Engineers.

Stehr, A., Debels, P., Arumí, J. L., Romero, F., Alcayaga, H. 2009. Combining the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) and MODIS imagery to estimate monthly flows in a data-scarce Chilean Andean basin. Hydrological Sciences Journal, 54, 1053–1067.

Stehr, A., Debels, P., Romero, F., Alcayaga, H. 2008b. Hydrological modelling with SWAT under conditions of limited data availability: evaluation of results from a Chilean case study, Hydrological Sciences Journal, 53, 588-601.

Stockholm Environment Institute. Water Evaluation And Planning System:Tutorial. 2017.

SUBDERE. (2018). Estudio de soluciones sanitarias para el sector rural (Unidad de Saneamiento Sanitario (Coordinador)). Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo. https://isbn.cloud/9789568468545/estudio-de-soluciones-sanitarias-para-el-sector-rural/

Thiele, R., Moreno, H., Elgueta, S., Lahsen, A., Rebolledo, S. y Petit-Breuilh M.E. (1998). Evolución geológico-geomorfológica cuaternaria del tramo superior del valle del río Laja. Revista geológica de Chile 25(2), 229-253.

Toledo, C., Muñoz, E., Zambrano-Bigiarini, M. 2015. Comparison of stationary and dynamic conceptual models in a mountainous and data-sparse catchment in the south-central Chilean Andes. Advances in Meteorology, 2015.

Universidad de Chile. Selección y aplicación de un modelo hidrológico para estimar los impactos del cambio climático en la generación de energía del sistema interconectado central. Ministerio de Energía, 2011, Santiago, Chile.

Urrutia, A. 1993. Difusividades en la pluma del río Biobío para un período de alta descarga. Cien. Tec. Mar., CONA, 16, 21-32.

Valdovinos, C., & Parra, O. 2006. La cuenca del río Biobío: Historia natural de un ecosistema de uso múltiple. Publicaciones Centro EULA, 1–25.

Vargas Ramón. "LA CULTURA DEL AGUA: LECCIONES PARA AMÉRICA INDÍGENA" Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, 2006.

Vargas, J., Mardones, M. 2005. Efectos hidrológicos de los usos eléctrico y agrícola en la cuenca del río Laja (Chile centro-sur). Revista de Geografía del Norte Grande. Vol. 33.

Vega Quintana, A. I. 2016. Balance hídrico de la cuenca del Salar del Huasco mediante el modelo hidrológico de simulación TopModel usando información del reanálisis atmosférico. Universidad de Chile, 2016, Santiago, Chile. (Tesis Pregrado).

Vergara Alejandro. "DERECHO DE AGUAS, TOMO II". Editorial Jurídica de Chile, Santiago, 1998.

Vivas, S., Casas, J., Pardo, I., Robles, S., Bonada, N., Mellado, A., ... & Moyá, G. 2002. Aproximación multivariante en la exploración de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Limnetica, 21(3-4), 149-173.

Vicencio, J. 2018, septiembre 14. Biobío: Epicentro de la sequía meteorológica este invierno. Meteochile Blog. http://blog.meteochile.gob.cl/2018/09/14/biobio-epicentro-de-la-sequia-meteorologica-este-invierno/

Wania, F., & Mackay, D. (1993). Modelling the global distribution of toxaphene: a discussion of feasibility and desirability. Chemosphere, 27(10), 2079-2094.

Yáñez Rodrigo. "EL MERCADO DE LAS AGUAS EN CHILE". Instituto Libertad. ISSN 0717-7933. Noviembre de 2008.

Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., & Huber-Lee, A. (2005). WEAP21—A demand-, priority-, and preference-driven water planning model: part 1: model characteristics. Water International, 30(4), 487-500

Zambrano Mera, Y. E. R. I. E. L. 2016. Posibilidades de implementación un sistema de indicadores para la gestión de la sequía en la Demarcación Hidrográfica de Manabí-Ecuador.