



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

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

**INFORME FINAL**

**REALIZADO POR  
HIDROGESTIÓN S.A.**

**S.I.T. N° 510**

**SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2022**



## **MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS**

### **Ministro de Obras Públicas**

Sr. Juan Carlos García Pérez de Arce, Arquitecto

### **Director General de Aguas**

Sr. Rodrigo Sanhueza Bravo, Ingeniero Civil

### **Jefe (S) División de Estudios y Planificación**

Sra. Andrea Osses Vargas, Ingeniera Civil

### **Inspector Fiscal**

Sra. Andrea Osses Vargas, Ingeniera Civil

### **Inspectores Fiscales Subrogantes**

Sr. Oscar López Arenas, Ingeniero Civil

Sr. Ignacio Cofré Henríquez, Ingeniero Civil

### **Consultora**

#### **Jefe de Proyecto**

Sr. Claudio Reyes Hurtado, Ingeniero Forestal

#### **Especialistas y Profesionales**

Sr. Eugenio Celedón Cariola, Ingeniero Civil

Sr. Eugenio Celedón Correa, Ingeniero Civil

Sr. Alejandro Rodríguez Lazcano, Ingeniero Civil

Sra. Vanessa Mancisidor Univaso, Periodista

Sr. Víctor Gómez Coa, Geógrafo

Sra. Karina Aguilera Casanueva, Bióloga MSc

Sra. Virginia Carter Gamberini, Geógrafa PhD

Sr. Marcial Valenzuela Celis, Ingeniero Forestal

Sr. Diego Carpentier Nazal, Ingeniero Civil

Sr. Diego Niklitschek Flores, Ingeniero Civil

Sr. Sebastián Carvajal Marambio, Geólogo

Sra. Dominique Coumerme González, Ingeniera Civil

Sr. Carlos Gasca Guíñez, Geógrafo

Sr. Sebastián Núñez Labrín, Ingeniero Civil

Sr. Cristián Jordán Díaz, Ingeniero Forestal PhD

Sra. Carolina Varas Valiente, Relacionadora Pública

Sr. Simón France Lanas, Sociólogo





---

# Índice General

|                                                        | Página |
|--------------------------------------------------------|--------|
| 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....           | 1-19   |
| 1.1 Introducción .....                                 | 1-19   |
| 1.2 Objetivos.....                                     | 1-24   |
| 1.2.1 Objetivo general .....                           | 1-24   |
| 1.2.2 Objetivos específicos del Plan Estratégico ..... | 1-24   |
| 2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA .....                   | 2-25   |
| 2.1 Dimensión Física .....                             | 2-26   |
| 2.1.1 Geología y geomorfología .....                   | 2-26   |
| 2.1.2 Hidrología .....                                 | 2-35   |
| 2.1.3 Ciudades y población .....                       | 2-37   |
| 2.1.4 Red Vial .....                                   | 2-47   |
| 2.2 Clima .....                                        | 2-48   |
| 2.2.1 Caracterización Climática .....                  | 2-48   |
| 2.2.2 Eventos Extremos y Variabilidad Climática.....   | 2-50   |
| 2.2.3 Escenarios de Cambio Climático .....             | 2-52   |
| 2.3 Dimensión Ambiental .....                          | 2-53   |
| 2.3.1 Unidades Ecosistémicas .....                     | 2-53   |
| 2.3.2 Áreas Silvestres Protegidas.....                 | 2-66   |
| 2.3.3 Nieves y Glaciares .....                         | 2-69   |
| 2.4 Infraestructura Hídrica .....                      | 2-69   |
| 2.4.1 Infraestructura sanitaria.....                   | 2-70   |
| 2.4.2 Infraestructura hidráulica .....                 | 2-74   |
| 2.4.3 Redes de medición .....                          | 2-74   |
| 2.5 Nuevas fuentes de agua .....                       | 2-78   |
| 2.5.1 Acuíferos.....                                   | 2-78   |
| 2.5.2 Trasvases.....                                   | 2-78   |



---

|       |                                                      |       |
|-------|------------------------------------------------------|-------|
| 2.5.3 | Desalinización .....                                 | 2-79  |
| 2.5.4 | Uso de Aguas Servidas Tratadas (Reutilización) ..... | 2-79  |
| 2.6   | Gobernanza del Agua a Nivel de Cuenca .....          | 2-79  |
| 2.6.1 | Agentes .....                                        | 2-80  |
| 2.6.2 | Brechas de Coordinación e Información .....          | 2-91  |
| 3     | DEMANDA FÍSICA Y LEGAL .....                         | 3-93  |
| 3.1   | Demanda para Uso Humano .....                        | 3-93  |
| 3.1.1 | Demanda actual .....                                 | 3-94  |
| 3.1.2 | Demanda histórica y proyectada .....                 | 3-95  |
| 3.1.3 | Eficiencia de uso .....                              | 3-97  |
| 3.1.4 | Demanda legal .....                                  | 3-97  |
| 3.2   | Necesidades Mínimas Ambientales .....                | 3-98  |
| 3.3   | Demanda Agrícola bajo riego .....                    | 3-99  |
| 3.3.1 | Demanda actual .....                                 | 3-100 |
| 3.3.2 | Demanda proyectada .....                             | 3-102 |
| 3.3.3 | Eficiencia de riego .....                            | 3-102 |
| 3.3.4 | Demanda de Agrícola seco .....                       | 3-103 |
| 3.3.5 | Demanda legal .....                                  | 3-104 |
| 3.4   | Demanda Industrial .....                             | 3-104 |
| 3.4.1 | Demanda actual .....                                 | 3-104 |
| 3.4.2 | Demanda histórica y proyectada .....                 | 3-105 |
| 3.4.3 | Demanda legal .....                                  | 3-106 |
| 3.5   | Demanda forestal .....                               | 3-106 |
| 3.5.1 | Demanda actual .....                                 | 3-106 |
| 3.5.2 | Demanda histórica y proyectada .....                 | 3-106 |
| 3.5.3 | Demanda legal .....                                  | 3-107 |
| 3.6   | Demanda Minera .....                                 | 3-107 |
| 3.7   | Síntesis de la demanda .....                         | 3-107 |
| 4     | OFERTA HÍDRICA .....                                 | 4-108 |

---



---

|       |                                                       |       |
|-------|-------------------------------------------------------|-------|
| 4.1   | Aguas Superficiales.....                              | 4-108 |
| 4.1.1 | Hidrología .....                                      | 4-108 |
| 4.1.2 | Oferta en la fuente .....                             | 4-111 |
| 4.1.3 | Calidad del agua .....                                | 4-116 |
| 4.1.4 | Fuentes de contaminación .....                        | 4-121 |
| 4.1.5 | Derechos concedidos .....                             | 4-122 |
| 4.2   | Aguas subterráneas .....                              | 4-123 |
| 4.2.1 | Hidrogeología .....                                   | 4-123 |
| 4.2.2 | Oferta en la Fuente .....                             | 4-124 |
| 4.2.3 | Calidad del Agua .....                                | 4-127 |
| 4.2.4 | Fuentes de contaminación .....                        | 4-132 |
| 4.2.5 | Derechos concedidos .....                             | 4-132 |
| 5     | BALANCE DE AGUA .....                                 | 5-133 |
| 5.1   | Modelo de Simulación .....                            | 5-133 |
| 5.1.1 | Modelo Conceptual Hidrogeológico.....                 | 5-134 |
| 5.1.2 | Descripción del Modelo Numérico superficial .....     | 5-142 |
| 5.1.3 | Escenarios de Cambio Climático .....                  | 5-147 |
| 5.1.4 | Balance de Agua Actual.....                           | 5-147 |
| 5.1.5 | Balance de Agua Proyectado .....                      | 5-150 |
| 5.2   | Brechas Hídricas.....                                 | 5-154 |
| 5.2.1 | Seguridad Hídrica para las Personas .....             | 5-155 |
| 5.2.2 | Seguridad Hídrica para los Ecosistemas.....           | 5-164 |
| 5.2.3 | Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo ..... | 5-186 |
| 5.2.4 | Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos .....         | 5-189 |
| 5.2.5 | Gestión Institucional.....                            | 5-192 |
| 5.2.6 | Gobernanza .....                                      | 5-193 |
| 5.3   | Sustentabilidad de Acuíferos .....                    | 5-194 |
| 5.4   | Indicadores Hídricos de la Cuenca .....               | 5-195 |
| 5.4.1 | Indicadores de Estado.....                            | 5-196 |

---



---

|       |                                                                       |       |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| 5.4.2 | Indicadores de Impacto .....                                          | 5-197 |
| 5.5   | Análisis de Sensibilidad .....                                        | 5-203 |
| 5.5.1 | Escenarios de gestión .....                                           | 5-203 |
| 5.5.2 | Evaluación socioeconómica .....                                       | 5-213 |
| 5.6   | Mercado del agua .....                                                | 5-216 |
| 6     | ACCIONES .....                                                        | 6-223 |
| 6.1   | Seguridad Hídrica para las Personas .....                             | 6-223 |
| 6.1.1 | Proyecto de Conexión hídrica entre Quillón y Florida .....            | 6-223 |
| 6.2   | Seguridad Hídrica para los Ecosistemas .....                          | 6-223 |
| 6.2.1 | GEF Humedales Costeros: sistema Rocuant-Andalién .....                | 6-223 |
| 6.2.2 | Paisaje de Conservación de Nonguén .....                              | 6-224 |
| 6.2.3 | Iniciativas privadas de empresas forestales .....                     | 6-225 |
| 6.3   | Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo .....                 | 6-226 |
| 6.3.1 | Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje ... | 6-226 |
| 6.3.2 | INDAP: Proyectos de riego individual y asociativos .....              | 6-227 |
| 6.4   | Seguridad Hídrica ante eventos extremos .....                         | 6-229 |
| 6.4.1 | Financiamiento especial en caso de escasez hídrica .....              | 6-229 |
| 6.4.2 | Plan Maestro de Aguas Lluvia de la ciudad de Concepción .....         | 6-230 |
| 7     | INICIATIVAS PROPUESTAS .....                                          | 7-231 |
| 7.1   | Síntesis de alternativas priorizadas .....                            | 7-233 |
| 7.1.1 | Seguridad Hídrica para las Personas .....                             | 7-234 |
| 7.1.2 | Seguridad Hídrica para los Ecosistemas .....                          | 7-261 |
| 7.1.3 | Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo .....                 | 7-278 |
| 7.1.4 | Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos .....                         | 7-280 |
| 7.1.5 | Gestión Institucional .....                                           | 7-284 |
| 7.1.6 | Gobernanza .....                                                      | 7-293 |
| 7.2   | Alternativas seleccionadas .....                                      | 7-298 |
| 7.3   | Líneas de Acción .....                                                | 7-302 |
| 7.4   | Valorización económica del Plan .....                                 | 7-303 |

---



---

|       |                                                                             |        |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|--------|
| 7.5   | Cronograma de soluciones .....                                              | 7-305  |
| 8     | IMPLEMENTACIÓN .....                                                        | 8-308  |
| 8.1   | Hitos de referencia .....                                                   | 8-308  |
| 8.1.1 | Plan de Acción de Corto Plazo .....                                         | 8-308  |
| 8.1.2 | Plan de mediano y largo plazo .....                                         | 8-311  |
| 8.2   | Estrategia de implementación .....                                          | 8-313  |
| 8.2.1 | Estructura del Plan de Gestión .....                                        | 8-313  |
| 8.2.2 | Aspectos Institucionales .....                                              | 8-314  |
| 8.2.3 | Aspectos de Cultura del Agua .....                                          | 8-320  |
| 8.2.4 | Aspectos de financiamiento .....                                            | 8-321  |
| 8.3   | Estrategia de comunicación.....                                             | 8-322  |
| 8.3.1 | Público objetivo.....                                                       | 8-322  |
| 8.3.2 | Contenidos a comunicar .....                                                | 8-323  |
| 8.3.3 | Metas .....                                                                 | 8-325  |
| 8.4   | Identificación de fuentes de financiamiento.....                            | 8-325  |
| 9     | MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN .....                                       | 9-326  |
| 9.1   | Plan de Monitoreo.....                                                      | 9-326  |
| 9.1.1 | Indicadores .....                                                           | 9-326  |
| 9.1.2 | Seguimiento .....                                                           | 9-331  |
| 9.2   | Mecanismos para el análisis y la toma de decisiones .....                   | 9-331  |
| 10    | ASPECTOS NORMATIVOS .....                                                   | 10-333 |
| 10.1  | Modificaciones al Código de Aguas.....                                      | 10-333 |
| 10.2  | Ley Marco de Cambio Climático .....                                         | 10-338 |
| 10.3  | Integración con otros instrumentos de planificación territorial y sectorial | 10-340 |

---



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

---

## Índice de Tablas

### Página

|                                                                                                                                                     |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 2-1. Superficies según usos de suelo en área de estudio .....                                                                                 | 2-30 |
| Tabla 2-2. Tipo de cambios uso de suelo por periodo de tiempo .....                                                                                 | 2-33 |
| Tabla 2-3. Porcentajes según categorías de erosión en la zona de estudio .....                                                                      | 2-34 |
| Tabla 2-4. Superficie de las cuencas costeras e islas entre río Itata y río Biobío .....                                                            | 2-36 |
| Tabla 2-5. Población total de las comunas de la cuenca .....                                                                                        | 2-38 |
| Tabla 2-6. Porcentaje de población por tramo de edad (%).....                                                                                       | 2-43 |
| Tabla 2-7. Total regional de población indígena .....                                                                                               | 2-44 |
| Tabla 2-8. Población indígena autorreconocida por comuna.....                                                                                       | 2-44 |
| Tabla 2-9. Resumen de Información de Actividades Económicas .....                                                                                   | 2-45 |
| Tabla 2-10. Uso del suelo de las explotaciones agropecuarias con tierra .....                                                                       | 2-46 |
| Tabla 2-11. Distribución comunal de las viñas y parronales.....                                                                                     | 2-47 |
| Tabla 2-12. GCM utilizados en DGA (2019) para representar las forzantes meteorológicas (precipitación y temperatura) en el periodo proyectado ..... | 2-53 |
| Tabla 2-13. Servicios Ecosistémicos Asociados a Ecosistemas Naturales en la Cuenca .....                                                            | 2-59 |
| Tabla 2-14. Cambios en la extensión de los ecosistemas acuáticos en la cuenca .....                                                                 | 2-66 |
| Tabla 2-15. Abastecimiento de agua potable en sectores urbanos.....                                                                                 | 2-71 |
| Tabla 2-16. Sistemas de agua potables rurales área estudio .....                                                                                    | 2-73 |
| Tabla 2-17. Plantas de tratamiento de aguas servidas .....                                                                                          | 2-73 |
| Tabla 2-18. Estaciones meteorológicas .....                                                                                                         | 2-76 |
| Tabla 2-19. Estaciones fluviométricas vigentes .....                                                                                                | 2-76 |
| Tabla 2-20. Estaciones de Calidad de Agua .....                                                                                                     | 2-77 |
| Tabla 2-21. Actores del Gobierno Central y Ejes Estratégicos asociados .....                                                                        | 2-80 |
| Tabla 2-22. Actores del Gobierno Local.....                                                                                                         | 2-82 |
| Tabla 2-23. Actores privados y Usuarios de Agua.....                                                                                                | 2-82 |
| Tabla 2-24. Actores de la Sociedad Civil .....                                                                                                      | 2-84 |
| Tabla 2-25. Relaciones identificadas para el eje Personas .....                                                                                     | 2-88 |
| Tabla 2-26. Relaciones identificadas para el eje Ecosistemas.....                                                                                   | 2-89 |
| Tabla 2-27. Relaciones identificadas eje Desarrollo Productivo.....                                                                                 | 2-90 |
| Tabla 2-28. Brechas de coordinación .....                                                                                                           | 2-91 |
| Tabla 2-29. Brechas de Información.....                                                                                                             | 2-93 |
| Tabla 3-1. Demanda para consumo humano por SSR. Periodo actual (año 2021).....                                                                      | 3-94 |
| Tabla 3-2. Demanda para consumo humano por Sector Urbano (APU). Año 2021 .....                                                                      | 3-95 |
| Tabla 3-3. Demanda para consumo humano por SSR. Periodo histórico (2021) y proyectado (2060) .....                                                  | 3-96 |

---

|                                                                                                                                 |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabla 3-4. Demanda para consumo humano por Sector Urbano (APU). Periodo histórico (1990) y proyectado (2060).....               | 3-96  |
| Tabla 3-5. Demanda legal para consumo humano. Sector urbano .....                                                               | 3-97  |
| Tabla 3-6. Estimación de Caudal ecológico (Qe) para el río Andalién .....                                                       | 3-99  |
| Tabla 3-7. Demanda para agricultura bajo riego (hm <sup>3</sup> /año). Periodo actual (promedio últimos 5 años, 2017-2021)..... | 3-100 |
| Tabla 3-8. Coeficiente de cultivo (Kc) Región de Biobío .....                                                                   | 3-101 |
| Tabla 3-9. Demanda para agricultura bajo riego. Periodo proyectado (2040).....                                                  | 3-102 |
| Tabla 3-10. Demanda para agricultura de secano. Periodo proyectado (2040).....                                                  | 3-103 |
| Tabla 3-11. Demanda legal para uso agricultura bajo riego (hm <sup>3</sup> /año) .....                                          | 3-104 |
| Tabla 3-12. Demanda industrial Periodo actual (2022-2052) .....                                                                 | 3-105 |
| Tabla 3-13. Demanda forestal productivo y no productivo (hm <sup>3</sup> /año). Periodo actual (2019) .....                     | 3-106 |
| Tabla 3-14. Demanda total Periodo actual y proyectado (2060).....                                                               | 3-108 |
| Tabla 4-1. Cuerpos de Agua, Embalses y Humedales.....                                                                           | 4-111 |
| Tabla 4-2. Oferta superficial de subcuencas DARH. Periodo histórico y actual .....                                              | 4-113 |
| Tabla 4-3. Oferta superficial cuenca costera entre ríos Itata y Biobío. Periodo actual y proyectado .....                       | 4-115 |
| Tabla 4-4. Estaciones de monitoreo Banco Nacional de Aguas (BNA) DGA cuencas costeras entre Itata y Biobío.....                 | 4-119 |
| Tabla 4-5. Variables monitoreadas según Banco Nacional de Aguas (BNA) .....                                                     | 4-120 |
| Tabla 4-6. Indicador DGA para ODS 6.3.2 aguas superficiales .....                                                               | 4-121 |
| Tabla 4-7. Caudales de derechos consuntivos superficiales .....                                                                 | 4-123 |
| Tabla 4-8 Área y recarga media anual de SHAC.....                                                                               | 4-123 |
| Tabla 4-9. Recarga de los SHAC. Periodo histórico y actual .....                                                                | 4-125 |
| Tabla 4-10. Volumen húmedo de los SHAC. Periodo histórico y actual .....                                                        | 4-126 |
| Tabla 4-11 Profundidad media del nivel estático de los SHAC .....                                                               | 4-126 |
| Tabla 4-12. Recarga de los SHAC. Periodo actual y proyectado.....                                                               | 4-127 |
| Tabla 4-13. Volumen húmedo de los SHAC. Periodo actual y proyectado .....                                                       | 4-127 |
| Tabla 4-14 Resumen de estadísticas para los parámetros de las 10 muestras.....                                                  | 4-129 |
| Tabla 4-15. Caudales de derechos subterráneos .....                                                                             | 4-132 |
| Tabla 5-1. Cauces superficiales incluidos en la modelación WEAP.....                                                            | 5-143 |
| Tabla 5-2. Balance hídrico superficial. Periodo histórico y actual .....                                                        | 5-148 |
| Tabla 5-3. Balance subterráneo por SHAC. Periodo histórico y actual .....                                                       | 5-150 |
| Tabla 5-4. Balance hídrico superficial. Periodo actual y proyectado .....                                                       | 5-151 |
| Tabla 5-5. Balance hídrico subterráneo del SHAC río Andalién. Periodo actual y proyectado .....                                 | 5-152 |
| Tabla 5-6. Balance hídrico subterráneo del SHAC río Pingueral. Periodo actual y proyectado .....                                | 5-153 |
| Tabla 5-7. Síntesis de brechas en la gestión de los recursos hídricos de la cuenca ...                                          | 5-154 |

---



---

|                                                                                                                          |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabla 5-8. Brecha de producción de agua potable urbana según tendencia proyectada al 2060 (hm <sup>3</sup> /año) .....   | 5-157 |
| Tabla 5-9. Brecha de producción de agua potable rural según tendencia proyectada al 2060 (hm <sup>3</sup> /año) .....    | 5-159 |
| Tabla 5-10. Cantidad de Viviendas fuera de la red pública de agua potable .....                                          | 5-160 |
| Tabla 5-11. Cantidad de Personas.....                                                                                    | 5-161 |
| Tabla 5-12. Brecha de acceso a saneamiento .....                                                                         | 5-162 |
| Tabla 5-13. Servicios Sanitarios Rurales encuestados .....                                                               | 5-162 |
| Tabla 5-14. Caracterización de los SSR de la cuenca .....                                                                | 5-163 |
| Tabla 5-15. Caudal superficial en los humedales de la cuenca .....                                                       | 5-166 |
| Tabla 5-16. Principales amenazas detectadas por humedal de interés .....                                                 | 5-168 |
| Tabla 5-17 Estado de protección de humedales urbanos .....                                                               | 5-169 |
| Tabla 5-18. Bosque nativo respecto área total de la zona de estudio .....                                                | 5-170 |
| Tabla 5-19. Plantaciones forestales respecto área total de la zona de estudio .....                                      | 5-170 |
| Tabla 5-20. Información base y reclasificación de clases de paisaje .....                                                | 5-172 |
| Tabla 5-21. Análisis paisaje a escala de clases .....                                                                    | 5-176 |
| Tabla 5-22. Análisis a escala de paisaje .....                                                                           | 5-177 |
| Tabla 5-23. Porcentajes según categorías de erosión .....                                                                | 5-184 |
| Tabla 5-24. Superficies según categorías de erosión área de estudio ODS 15.3.1 ....                                      | 5-185 |
| Tabla 5-25. Estimación de unidades productivas consideradas como Agricultura Familiar Campesina.....                     | 5-188 |
| Tabla 5-26. Declaraciones de emergencia agrícola (EH) y escasez hídrica (EH) para el periodo 2010/22.....                | 5-190 |
| Tabla 5-27. Definición de Indicadores de Estado .....                                                                    | 5-196 |
| Tabla 5-28. Indicadores de Estado .....                                                                                  | 5-197 |
| Tabla 5-29. Definición de indicadores de impacto.....                                                                    | 5-198 |
| Tabla 5-30. Indicadores de Impacto para la cuenca .....                                                                  | 5-201 |
| Tabla 5-31. Escenarios de gestión seleccionados .....                                                                    | 5-203 |
| Tabla 5-32. Comparación de la población adoptada en el escenario tendencial y escenario exponencial .....                | 5-205 |
| Tabla 5-33. Oferta superficial de subcuencas DARH. E0 -Escenario base, hm <sup>3</sup> /año ...                          | 5-207 |
| Tabla 5-34. Oferta superficial de subcuencas DARH. E1 - Escenario de cambios de usos de suelo, hm <sup>3</sup> /año..... | 5-207 |
| Tabla 5-35. Oferta superficial de subcuencas DARH. E2- Escenario de aumento poblacional, hm <sup>3</sup> /año .....      | 5-208 |
| Tabla 5-36. Oferta superficial de subcuencas DARH. E3- Escenario acueducto litoral norte, hm <sup>3</sup> /año .....     | 5-208 |
| Tabla 5-37. Recarga de SHAC. Escenario base, hm <sup>3</sup> /año.....                                                   | 5-209 |
| Tabla 5-38. Recarga de SHAC. Escenario de cambios de usos de suelo, hm <sup>3</sup> /año .....                           | 5-209 |
| Tabla 5-39. Recarga de SHAC. Escenario de aumento poblacional, hm <sup>3</sup> /año.....                                 | 5-209 |

---



---

|                                                                                                          |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabla 5-40. Recarga de SHAC. Escenario acueducto litoral norte.....                                      | 5-210 |
| Tabla 5-41. Brecha media anual de demandas APU. Escenario base .....                                     | 5-210 |
| Tabla 5-42. Brecha media anual de demandas APU. Escenario cambio uso de suelo .                          | 5-211 |
| Tabla 5-43. Brecha media anual de demandas APU. Escenario aumento poblacional.                           | 5-211 |
| Tabla 5-44. Brecha media anual de demandas APU. Escenario considerando acueducto litoral norte.....      | 5-212 |
| Tabla 5-45. Conclusiones de los resultados de escenarios de gestión.....                                 | 5-213 |
| Tabla 5-46. Construcción de interconexión costera entre Lirquén y Dichato .....                          | 5-214 |
| Tabla 5-47. Antecedentes de los DAA disponible por DGA derivadas de los CBR.....                         | 5-217 |
| Tabla 5-48. Transacciones compraventa DAA comunas del estudio .....                                      | 5-219 |
| Tabla 5-49. Derechos de agua transados por CBR.....                                                      | 5-221 |
| Tabla 6-1. Subsidios otorgados por la Ley. 18450 de fomento al riego en la cuenca, periodo 2010/21 ..... | 6-226 |
| Tabla 6-2. Resultados de los componentes del programa de riego en la cuenca (Millones de \$).....        | 6-228 |
| Tabla 6-3. Financiamiento emergencia agrícola por INDAP .....                                            | 6-230 |
| Tabla 7-1. Iniciativas de Seguridad Hídrica para las personas.....                                       | 7-234 |
| Tabla 7-2. Construcción de interconexión costera entre Lirquén y Dichato .....                           | 7-236 |
| Tabla 7-3. Contenidos de referencia para la acreditación de directores, administradores y técnicos.....  | 7-238 |
| Tabla 7-4. Partidas para la Capacitación y Acreditación de los SSR .....                                 | 7-239 |
| Tabla 7-5. Partidas para la Profesionalización de los SSR .....                                          | 7-241 |
| Tabla 7-6. Partidas del Programa de Desarrollo y Mantención Preventiva .....                             | 7-244 |
| Tabla 7-7. Partidas del Sistema de Información de Servicios Sanitarios Rurales .....                     | 7-247 |
| Tabla 7-8. Costo de Instalación de Telemetría en la Cuenca .....                                         | 7-249 |
| Tabla 7-9. Costo total por arranque .....                                                                | 7-251 |
| Tabla 7-10. Identificación de Arranques pendientes por SSR .....                                         | 7-251 |
| Tabla 7-11. Costo referencial del Sistema de Saneamiento Rural .....                                     | 7-253 |
| Tabla 7-12. Plan para Viviendas desconectadas de la Red Pública de Agua .....                            | 7-259 |
| Tabla 7-13. Partidas para una Red Participativa de Agua .....                                            | 7-260 |
| Tabla 7-14. Resumen de la protección de fuentes de agua .....                                            | 7-260 |
| Tabla 7-15. Iniciativas de Seguridad Hídrica de los Ecosistemas .....                                    | 7-262 |
| Tabla 7-16. Ejemplo de Umbrales .....                                                                    | 7-263 |
| Tabla 7-17. Estimación de costo de instalación de la telemetría .....                                    | 7-267 |
| Tabla 7-18. Estimación de costo de una campaña de monitoreo .....                                        | 7-267 |
| Tabla 7-19. Estimación de costo de Monitoreo .....                                                       | 7-268 |
| Tabla 7-20. Estimación de costo para el PCCC .....                                                       | 7-271 |
| Tabla 7-21. Estimación de costo de Estudio de Protección de Fuentes de Agua .....                        | 7-273 |
| Tabla 7-22. Estimación de costo de forestación de bosque nativo (referencial) .....                      | 7-276 |
| Tabla 7-23. Estimación de costo de restauración de ecosistemas terrestres .....                          | 7-276 |

---



---

|                                                                                     |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Tabla 7-24. Iniciativas de Seguridad Hídrica del Desarrollo Productivo.....         | 7-279 |
| Tabla 7-25. Estimación de costos de una solución individual .....                   | 7-280 |
| Tabla 7-26. Iniciativas de Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos .....            | 7-280 |
| Tabla 7-27. Estudio de eficacia de instrumentos de gestión de eventos extremos .... | 7-282 |
| Tabla 7-28. Iniciativas de Gestión institucional .....                              | 7-284 |
| Tabla 7-29. Estudio de Caudal Ecológico en humedales costeros.....                  | 7-286 |
| Tabla 7-30. Estudio de Caudal Ecológico en humedales costeros.....                  | 7-287 |
| Tabla 7-31. Estudio de alternativas de modelación.....                              | 7-288 |
| Tabla 7-32. Campaña de Difusión .....                                               | 7-290 |
| Tabla 7-33. Programa de Inscripción de derechos de aprovechamiento .....            | 7-290 |
| Tabla 7-34. Estudio de Caudal Ecológico en humedales costeros.....                  | 7-292 |
| Tabla 7-35. Iniciativas de Gobernanza.....                                          | 7-293 |
| Tabla 7-36. Estimación de costo de la iniciativa .....                              | 7-295 |
| Tabla 7-37. Estimación de costo de la iniciativa .....                              | 7-297 |
| Tabla 7-38. Alternativas priorizadas y seleccionadas .....                          | 7-299 |
| Tabla 7-39. Resumen de iniciativas de inversión.....                                | 7-303 |
| Tabla 7-40. Resumen de inversión por Organismo Ejecutor y Plazo .....               | 7-304 |
| Tabla 7-41. Cronograma de Implementación de Iniciativas .....                       | 7-307 |
| Tabla 8-1. Hitos de referencia del Plan (inversión a corto plazo) .....             | 8-309 |
| Tabla 8-2. Hitos de referencia del Plan (inversión a mediano y largo plazo).....    | 8-311 |
| Tabla 8-3. Resumen de actores por ámbito de acción .....                            | 8-322 |
| Tabla 8-4. Análisis de Fuentes de Financiamiento .....                              | 8-325 |
| Tabla 9-1. Indicadores del Proceso .....                                            | 9-327 |



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

---

## Índice de Figuras

|                                                                                    | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Figura 2-1. Cuencas costeras entre los ríos Itata y Biobío .....                   | 2-25   |
| Figura 2-2. Geomorfología .....                                                    | 2-27   |
| Figura 2-3. Mapa geológico a escala 1:300.000 .....                                | 2-28   |
| Figura 2-4. Uso del suelo .....                                                    | 2-32   |
| Figura 2-5. Erosión del suelo (año 2010) .....                                     | 2-35   |
| Figura 2-6. Hidrografía .....                                                      | 2-37   |
| Figura 2-7. Comunas que componen la cuenca .....                                   | 2-39   |
| Figura 2-8. Zonas Climáticas de Köppen .....                                       | 2-49   |
| Figura 2-9. Unidades ecosistémicas .....                                           | 2-57   |
| Figura 2-10. Áreas Silvestres Protegidas.....                                      | 2-67   |
| Figura 2-11. Infraestructura sanitaria.....                                        | 2-70   |
| Figura 2-12. Red Hidrométrica .....                                                | 2-75   |
| Figura 4-1. Subcuencas DARH.....                                                   | 4-110  |
| Figura 4-2. Cauces considerados en la oferta superficial de cada subcuenca DARH... | 4-112  |
| Figura 4-3. Derechos de aprovechamiento de agua superficiales.....                 | 4-122  |
| Figura 4-4. Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) .....         | 4-124  |
| Figura 4-5. Puntos de muestreo hidroquímico.....                                   | 4-128  |
| Figura 4-6. Derechos de aprovechamiento de agua subterráneos.....                  | 4-133  |
| Figura 5-1. Profundidad del basamento en la zona acuífera .....                    | 5-135  |
| Figura 5-2. Cota de niveles estáticos en la zona acuífera de la cuenca .....       | 5-136  |
| Figura 5-3. Permeabilidad en la zona acuífera de la cuenca.....                    | 5-137  |
| Figura 5-4. Distribución espacial de Unidades hidrogeológicas .....                | 5-138  |
| Figura 5-5. Modelo conceptual subterráneo .....                                    | 5-141  |
| Figura 5-6. Cauces incluidos en el modelo WEAP .....                               | 5-142  |
| Figura 5-7. Subcuencas consideradas en la modelación en WEAP.....                  | 5-144  |
| Figura 5-8. Bandas de elevación consideradas en la modelación en WEAP.....         | 5-145  |
| Figura 5-9. Clases de uso del suelo .....                                          | 5-174  |
| Figura 5-10. Riesgo de degradación .....                                           | 5-181  |
| Figura 5-11. Superficies explotación y exploración minera .....                    | 5-183  |



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

---

---

## Índice de Ilustraciones

### Página

|                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Ilustración 1-1. Ejes de la Planificación Estratégica .....                                                                                                                                                                                                           | 1-22  |
| Ilustración 2-1. Esquema de Servicios Ecosistémicos.....                                                                                                                                                                                                              | 2-62  |
| Ilustración 2-2. Perturbaciones sobre Ecosistemas y sus amenazas sobre los Servicios Ecosistémicos.....                                                                                                                                                               | 2-64  |
| Ilustración 2-3. Relaciones entre actores por eje estratégico .....                                                                                                                                                                                                   | 2-87  |
| Ilustración 4-1. Ejemplos de fuentes de datos del indicador 6.3.2 .....                                                                                                                                                                                               | 4-117 |
| Ilustración 4-2. Ejemplo de cómo las puntuaciones de monitoreos individuales se agregan secuencialmente a los eventos de monitoreos, las puntuaciones de los cuerpos de agua, las puntuaciones de las cuencas hídricas y finalmente las puntuaciones nacionales. .... | 4-118 |
| Ilustración 5-1. Perfiles Transversales en la cuenca Itata – Biobío para la identificación de Unidades hidrogeológicas .....                                                                                                                                          | 5-140 |
| Ilustración 5-2. Árbol de problemas para las personas.....                                                                                                                                                                                                            | 5-156 |
| Ilustración 5-3. Comparación entre la superficie y límite urbano normativo del Plan Regulador Metropolitano de Concepción .....                                                                                                                                       | 5-158 |
| Ilustración 5-4. Árbol de problemas para ecosistemas .....                                                                                                                                                                                                            | 5-164 |
| Ilustración 5-5. Árbol de problemas para el desarrollo productivo .....                                                                                                                                                                                               | 5-187 |
| Ilustración 5-6. Riesgo de incendios forestales (ARCLIM) .....                                                                                                                                                                                                        | 5-191 |
| Ilustración 7-1. Metodología de identificación de brechas y priorización de iniciativas.....                                                                                                                                                                          | 7-232 |
| Ilustración 7-2. Líneas de Acción del Plan Estratégico.....                                                                                                                                                                                                           | 7-302 |
| Ilustración 7-3. Cronograma de Implementación de Soluciones (1) .....                                                                                                                                                                                                 | 7-305 |
| Ilustración 7-4. Cronograma de Implementación de Soluciones (2) .....                                                                                                                                                                                                 | 7-306 |
| Ilustración 8-1. Alineamiento del Plan Estratégico y la Gobernanza .....                                                                                                                                                                                              | 8-314 |
| Ilustración 8-2. Actores que forman parte de la Gobernanza .....                                                                                                                                                                                                      | 8-316 |
| Ilustración 8-3. Hitos para la implementación de la gobernanza a nivel de cuenca ...                                                                                                                                                                                  | 8-320 |



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

---





---

## **Anexos**

**Anexo A. Abreviaturas**

**Anexo B. Referencias**

**Anexo C. Glosario**

**Anexo D. Figuras**

**Anexo E. Antecedentes Recopilados**

**Anexo F. Aspectos Metodológicos del Plan**

**Anexo G. Sistema de Información Geográfica**

**Anexo H. Modelos Hidrológico e Hidrogeológico**

**Anexo I. Participación Ciudadana**

**Anexo J. Plan Estratégico**

**Anexo K. Minutas de Reuniones**



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

---

---

## 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### 1.1 Introducción

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

La Cuencas Costeras e Islas entre el Río Itata y Río Biobío se caracteriza por contar con la conurbación Concepción-Chiguayante, que concentra una importante proporción de la población de la zona de estudio, además de centros urbanos costeras como Penco, Tomé, Dichato. Buena parte de los recursos hídricos utilizados provienen desde la cuenca del Andalién, por el sur, y el Río Pingueral por el norte. En este territorio predomina un uso de suelo forestal, donde las empresas de este sector se transforman en un actor relevante en la gestión de los recursos hídricos seguido de los sectores agrícola e industrial.

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

En este contexto, el informe da cuenta de la recopilación de información, análisis y diagnóstico de las características de la cuenca y las condicionantes del ciclo hidrológico. Asimismo, presenta los resultados de la modelación hidrológica, la campaña geofísica y el proceso de planificación realizado para alcanzar la Seguridad Hídrica. En el contexto de Participación Ciudadana, se identificó, caracterizó y conversó con los actores públicos y privados locales, relacionados con la gestión de los recursos hídricos, para lo cual se realizaron dos talleres de participación, así como numerosas entrevistas y reuniones.

El documento es de carácter ejecutivo y su propósito es presentar de manera resumida y directa el desarrollo del Plan Estratégico de Gestión Hídrica de la cuenca. El detalle de cada una de las actividades realizadas, las memorias de cálculo y el respaldo de las actividades de participación presenciales y remotas, se presenta en los anexos y apéndices de este.

Conceptualmente, el documento describe las siguientes etapas del proceso del Plan Estratégico:

- **Caracterización de la cuenca**, en el capítulo 2
- **Diagnóstico de los recursos hídricos en la cuenca**, en los Capítulos 3, 4 y 5
- **Formulación del Plan**, en los Capítulos 6 y 7
- **Implementación**, en el Capítulo 8
- **Monitoreo y Evaluación**, en el Capítulo 9
- **Aspectos Normativos**, en el Capítulo 10.

A continuación, se describe cada uno de los capítulos del documento.

El **Capítulo 2, Descripción de la Cuenca**, presenta una caracterización de los elementos que definen, afectan o condicionan el desarrollo del ciclo hidrológico en la cuenca. Se revisa la dimensión política, administrativa y económica; la dimensión ambiental; y la dimensión construida. Se identificaron las nuevas fuentes potenciales de agua, con la posibilidad de aumentar la disponibilidad del recurso para los usuarios; y la gobernanza definida por los actores y su interacción en la cuenca.

El **Capítulo 3, Demanda Física y Legal para los Diferentes Usos del Agua**, presenta en detalle la demanda de agua requerida para el consumo humano, el medio ambiente y las principales actividades económicas de la cuenca como la agricultura y el uso industrial, así como la demanda no consuntiva dada por la generación hidroeléctrica. Detalla la demanda legal, determinada por los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneos otorgados.

El **Capítulo 4, Oferta de Agua**, desglosa la oferta de agua superficial y subterránea, identificando las fuentes, cuantificando la disponibilidad y evaluando la calidad de las aguas en cada fuente, tanto actual como proyectada.

El **Capítulo 5, Balance de Agua**, relaciona la oferta y demanda por medio de los modelos hidrológicos e hidrogeológicos construidos. Se describen los modelos, los escenarios de cambio climático adoptados, y la situación actual y proyectada de los recursos hídricos a 30 años. Se identifican las brechas por eje de Seguridad Hídrica, la sustentabilidad de acuíferos, y se definen y modelan tres escenarios de gestión. Por otro lado, se realiza una evaluación del mercado de las aguas.

---

El **Capítulo 6, Acciones**, presenta el marco conceptual adoptado para la planificación estratégica, destacando la Gestión Integrada de Recursos Hídricos como concepto principal, estructurada a partir de los ejes de Seguridad Hídrica. Finalmente se propone un modelo de gobernanza para la implementación del Plan Estratégico.

El **Capítulo 7, Cartera de Iniciativas Propuestas**, define los ejes estratégicos, objetivos y metas del Plan. Finalmente se proponen y evalúan las estrategias posibles para alcanzar las metas propuestas, seleccionando aquellas que prueban ser costo-eficientes dentro de una evaluación socioeconómica.

El **Capítulo 8, Implementación del Plan**, define la cartera de iniciativas existentes y propuestas para la implementación del Plan, estableciendo presupuestos, plazos y responsables para cada una de ellas. En complemento, define una estrategia de implementación, proponiendo una estructura, roles, responsabilidades y atribuciones de los actores de la cuenca.

El **Capítulo 9, Seguimiento y Evaluación del Plan**, define los indicadores de gestión y de impacto que permiten evaluar el avance en la implementación del Plan, y establece los mecanismos y responsables de la actualización de los objetivos estratégicos y sus metas.

Finalmente, el **Capítulo 10, Aspectos Normativos**, presenta una revisión de la planificación estratégica de la cuenca y su relación con otros procesos de planificación y desarrollo normativo, identificando sinergias y vacíos que debieran ser abordados.

Para el desarrollo del presente Plan Estratégico se tomó como propósito la Seguridad Hídrica del territorio, definida por la Ley Marco de Cambio Climático como "la posibilidad de acceso al agua en cantidad y calidad adecuadas, considerando las particularidades naturales de cada cuenca, para su sustento y aprovechamiento en el tiempo para consumo humano, la salud, subsistencia, desarrollo socioeconómico, conservación y preservación de los ecosistemas, promoviendo la resiliencia frente a amenazas asociadas a sequías y crecidas y la prevención de la contaminación.

A partir de esta definición, se establecieron los siguientes ejes estratégicos: Seguridad Hídrica para las Personas, para los Ecosistemas, para el Desarrollo Productivo y ante Eventos Extremos; y dos ejes transversales de gestión: Gestión Institucional y Gobernanza.

### Ejes de Planificación Estratégica



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 1-1. Ejes de la Planificación Estratégica

A continuación, se presenta una descripción de cada uno de los ejes estratégicos.

- **Seguridad Hídrica para las Personas:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en infraestructura hidráulica, demandas actuales y futuras en el consumo humano y saneamiento. Consiste en la provisión de agua para consumo humano y saneamiento, en cantidad, calidad y en la oportunidad requerida para un desarrollo adecuado a nivel individual y colectivo, ya sea en condiciones urbanas o rurales. Se realizó un análisis de la seguridad hídrica para las personas, en localidades urbanas abastecidas por la empresa sanitaria.
- **Seguridad Hídrica para los ecosistemas:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en aspectos de la situación actual en los ecosistemas acuáticos y terrestres de la cuenca, así como los pasivos ambientales presentes. Se refiere a la provisión de agua y condiciones de protección, soporte territorial, estudio y otros para la mantención de los ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos presentes en la cuenca.

- 
- **Seguridad Hídrica para el desarrollo productivo:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en demandas actuales de cada sector productivo (minería, agricultura, pecuario), estado de la infraestructura, proyecciones, limitaciones y desarrollo futuro para la satisfacción de la demanda de dichas actividades.
  - **Seguridad Hídrica ante eventos extremos:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en los eventos extremos y de contaminación presentes en la cuenca.
  - **Gestión institucional:** Síntesis de la información levantada en el diagnóstico de la línea base en el estado actual de la información en recursos hídricos, coordinación entre actores, gestión y fiscalización del recurso.
  - **Gobernanza:** síntesis de los antecedentes de implementación de una gestión integrada de recursos hídricos a nivel de cuenca.



---

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Proponer un plan estratégico de gestión hídrica indicativo en Cuencas Costeras e Islas entre el Río Itata y Río Biobío, que oriente la toma de decisiones de agua, mediante la generación de portafolios de acciones para la seguridad hídrica, enfocadas en el mejoramiento de la información, instituciones, e infraestructura de agua, adaptación al cambio climático, y gobernanza.

### 1.2.2 Objetivos específicos del Plan Estratégico

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

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

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

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

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

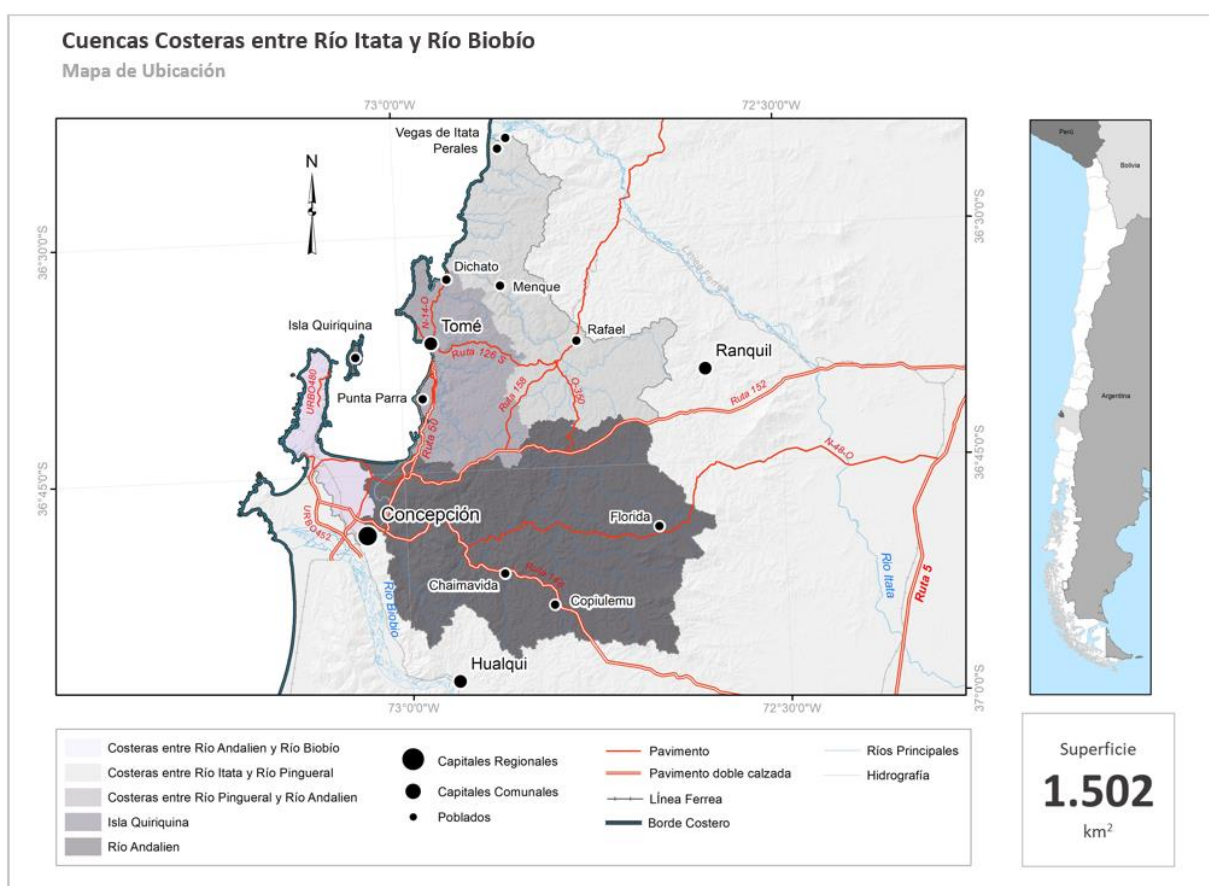
**Objetivo N°6:** Formular un plan estratégico de gestión hídrica que contemple un portafolio de acciones que promuevan la seguridad hídrica y sostenibilidad de uso del agua en el área de estudio.

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



## 2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

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



Fuente: Elaboración propia

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

---

## 2.1 Dimensión Física

### 2.1.1 Geología y geomorfología

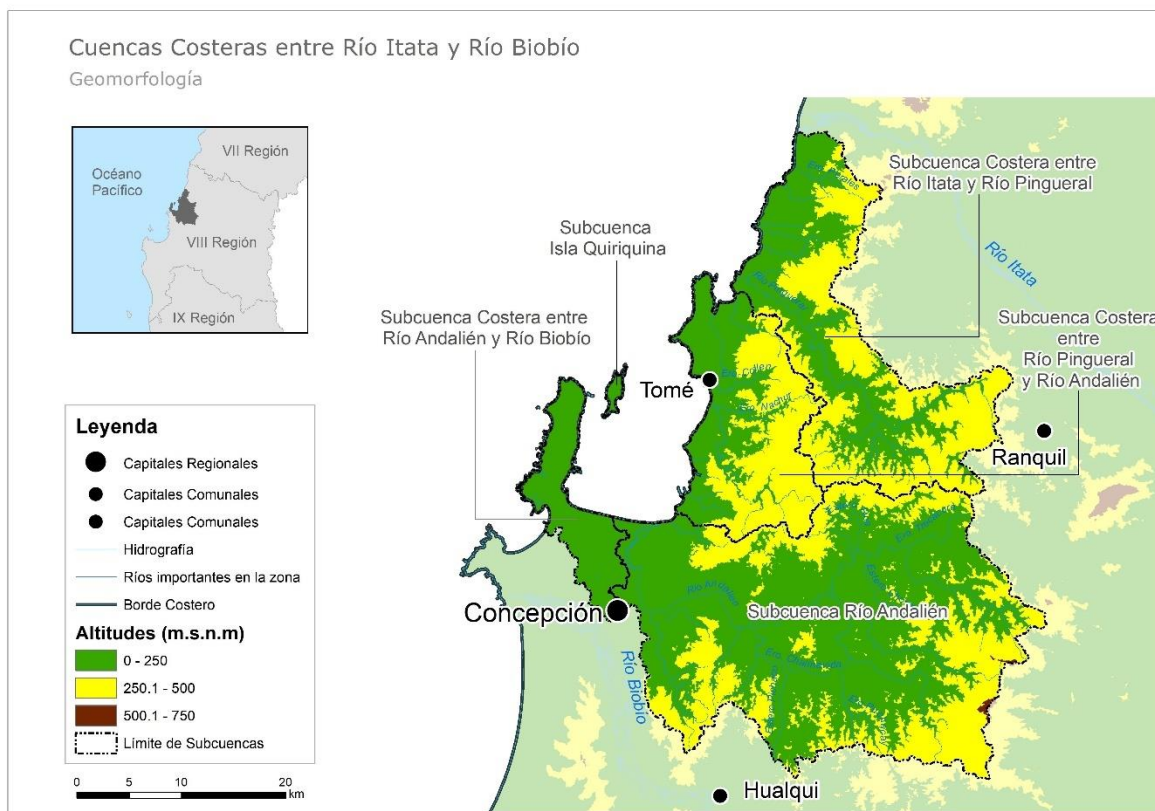
Se hace revisión bibliográfica, de fuentes actualizadas, respecto a los aspectos de geomorfología y geología, los cuales serán útiles para definir las bases del trabajo hidrogeológico en las etapas siguientes del estudio.

#### 2.1.1.1 Geomorfología

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

- La primera unidad geomorfológica corresponde a las **Planicies Litorales**, la cual se desarrolla a partir del nivel del mar hasta aproximadamente los 350 m s.n.m (Figura 2-2). éstas se distribuyen en forma discontinua de norte a sur, con una altura variable entre 10 a 50 m.s.n.m., las de mayor desarrollo están en el sector meridional, en la costa de las comunas de Tomé, Penco y parte de Coelemu por el norte.
- Los **Llanos de sedimentación fluvial y/o aluvional** se distribuyen aledaños al curso distal del río Biobío, cercano a su desembocadura y corresponde a llanos de sedimentación fluvial de arenas negras provenientes de la actividad del volcán Antuco, que se depositan finalmente en las playas al norte del río por deriva litoral. Mientras que al sur de la desembocadura del río Biobío las arenas son blancas por la alteración del intrusivo granítico de la costa. Esta unidad se sitúa en principalmente en las comunas de Talcahuano, Concepción, y parte de Hualpén y parte de Chiguayante.
- La **Cordillera de la Costa** corresponde a la Cordillera de Nahuelbuta, que constituye una unidad morfológica importante, con alturas que sobrepasan los 1.000 m.s.n.m. Al oeste de ésta y en el sector noroccidental del área, se encuentra un resto de la planicie litoral de Tomé y Penco. La vertiente oriental de la cordillera es abrupta y se encuentra bordeada por las comunas de Florida, Tomé, Ránquil, parte de Concepción, y en menor medida Coelemu. Se caracteriza por un lomaje moderado que deja una expedita comunicación entre la depresión central y la costa.

Se podría mencionar la presencia de una cuarta unidad, denominada Cuenca Granítica Marginal, aunque con una participación menor en la superficie total de estudio. Éstas se encuentran entre el llano central y el borde oriental de la Cordillera de la Costa.

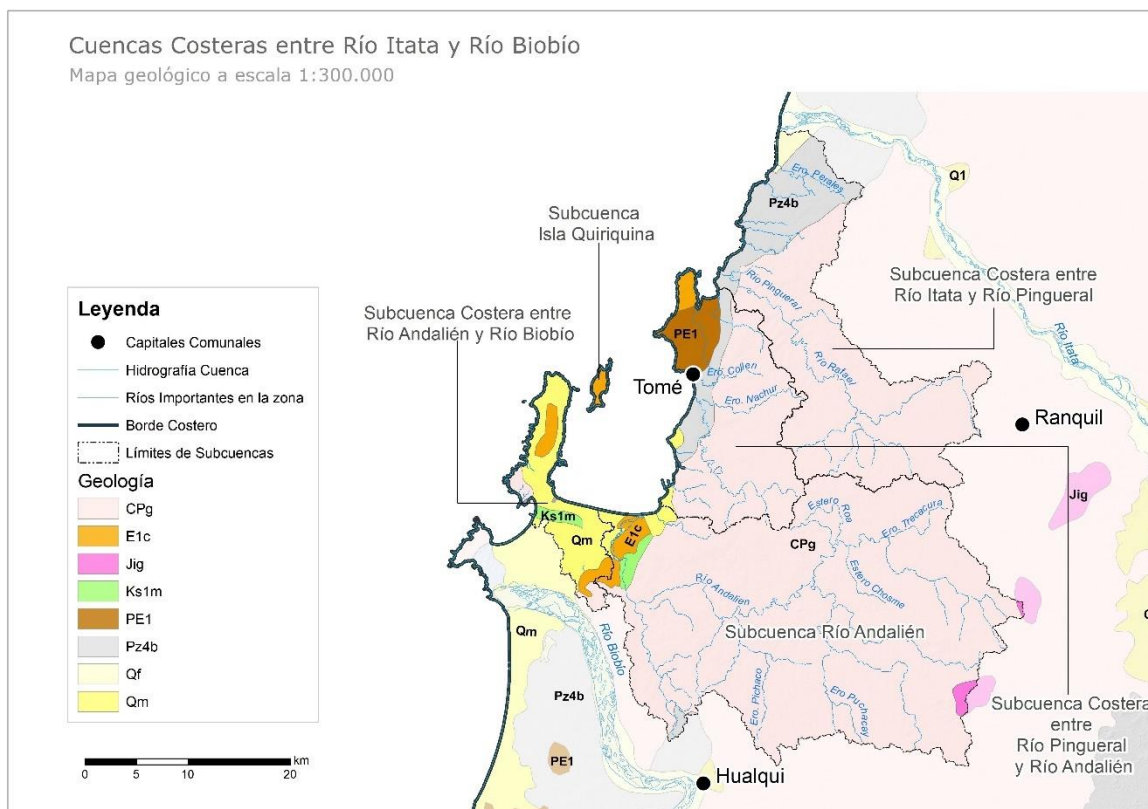


Fuente: Elaboración propia de acuerdo con datos de Börgel, 1983

**Figura 2-2. Geomorfología**

### 2.1.1.2 Geología

Las cuencas costeras e islas entre los ríos Itata y Biobío abarcan una superficie aproximada de 1.500 km<sup>2</sup>. De acuerdo con la información incluida en la carta geológica de Sernageomin (2003) que puede verse en la Figura 2-3, a lo largo del extremo NW de la línea de costa, y localmente al sur de las cuencas, se distinguen rocas de origen metamórfico de edades Silúrico-Carbonífero (Pz4b), asociadas a la Serie Oriental del basamento metamórfico. Estas rocas corresponden principalmente a pizarras, filitas y meta areniscas con metamorfismo de bajo gradiente P/T.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de Sernageomin (2003)

**Figura 2-3. Mapa geológico a escala 1:300.000**

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

Entre las épocas del Paleoceno y Eoceno Inferior se generan secuencias sedimentarias marinas y transicionales con litologías principalmente de areniscas, limolitas calcáreas y mantos de carbón (PE1), que yacen, específicamente, en el borde costero sobre Pz4b, y se encuentran en contacto hacia el oeste con secuencias sedimentarias continentales parálicas del Eoceno (E1c), correspondientes a la Formación Curanilahue (Muñoz-Cristi, 1956), la

cual se caracteriza por areniscas con intercalación de lutitas y mantos de carbón, presentando una distribución NNE-SSW, llegando a Concepción dentro del área de estudio y abarcando la isla Quiriquina.

Finalmente, dentro del Pleistoceno-Holoceno, se pueden distinguir 2 tipos de depósitos sedimentarios principales. (1) Depósitos litorales, correspondientes a arenas y gravas de playas actuales distribuidos en la costa de sur de las cuencas (Qm), y (2) depósitos fluviales, identificados como gravas, arenas y limos de curso actual de los ríos Itata y Biobío o de sus terrazas subactuales y llanuras de inundación.

### **2.1.1.3 Suelos, uso y variación temporal**

#### **2.1.1.3.1 Suelos**

En base a lo indicado por el Departamento de Suelos y Recursos Naturales, Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción (Stolpe, 2011), los suelos de la zona de estudio corresponden a suelos de roca graníticas, de rocas metamórficas y suelos derivados de sedimentos. Los suelos de rocas graníticas se han originado a partir de la meteorización de rocas graníticas o de dioritas cuarzosas, las que forman gran parte del macizo montañoso de la Cordillera de la Costa en la Región.

Por su parte la topografía corresponde a lomajes y cerros, con pendientes variables y complejas, agregando el antecedente de suelos que son profundos a poco profundos a las rocas meteorizadas (dependiendo de la erosión), y tienen aproximadamente 3 a 4% materia orgánica en el horizonte superficial, texturas franco-arcillosas en la superficie y arcillosas en el subsuelo y buen drenaje. Dentro de estos suelos las series más importantes incluyen Cauquenes (Alfisols) y San Esteban (Alfisols), donde Cauquenes se encuentra en posiciones más bajas y septentrional que San Esteban (CIREN, 1999).

Por su parte, los suelos de rocas metamórficas se encuentran en distintos sectores de la Cordillera de la Costa, y se han formado a partir de material generador de rocas metamórficas. Los suelos más importantes son las Series Constitución (Alfisols) y Pocillas (Alfisols) en el norte y Nahuelbuta (Ultisols) en el sur (CIREN, 1999). Normalmente, los suelos ocupan posiciones altas con una topografía que varía desde lomajes abruptos a cerros y montañas con pendientes variables y complejas. Los suelos tienen 3 a 4% materia orgánica en la superficie, drenaje que varía desde imperfecto a moderado, y texturas que incluyen franco arcilloso en la superficie y arcillosa en el subsuelo.

Se agregan en la zona de estudio otros suelos que se han formado a partir de la evolución de los sedimentos marinos que forman extensas plataformas litorales en la zona costera. En varios sectores del área las terrazas marinas han sido afectadas por procesos de erosión geológica, resultando en pendientes plana a fuertemente ondulada. Las series en este

grupo incluyen Antihuala (Ultisols), Tomé (Ultisols) y Cobquecura (Alfisols), entre otras (CIREN, 1999). Generalmente, los suelos son moderadamente profundos a profundos, con moderado a buen drenaje. El contenido de materia orgánica fluctúa entre 3 a 6% en la superficie y las texturas varían entre franco limosa a arcillosa en la superficie, y franco arcillo limosa a arcillosa en el subsuelo.

#### 2.1.1.3.2 Uso del suelo y variación temporal

Respecto al uso de suelo, para la cuenca en estudio al año 2015 fueron catastradas más de 838 km<sup>2</sup> de plantaciones forestales y 208 km<sup>2</sup> de bosque nativo, mientras que fueron identificadas más de 213 km<sup>2</sup> hectáreas de praderas y matorrales y 138 km<sup>2</sup> de terrenos de uso agrícola (CONAF, 2016). El mismo estudio determina la presencia de 75 km<sup>2</sup> áreas urbanas e industriales y 12 km<sup>2</sup> clasificados en su uso como cuerpos de agua. De los valores entregados, destaca el uso definido como plantación forestal, en cuanto durante el siglo pasado se transformó en el eje productivo central para la región junto al área industrial. El Gráfico 2-1 y la Tabla 2-1 entrega referencia porcentual respecto a los usos categorizados para la cuenca.

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

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

Fuente: CONAF (2016)

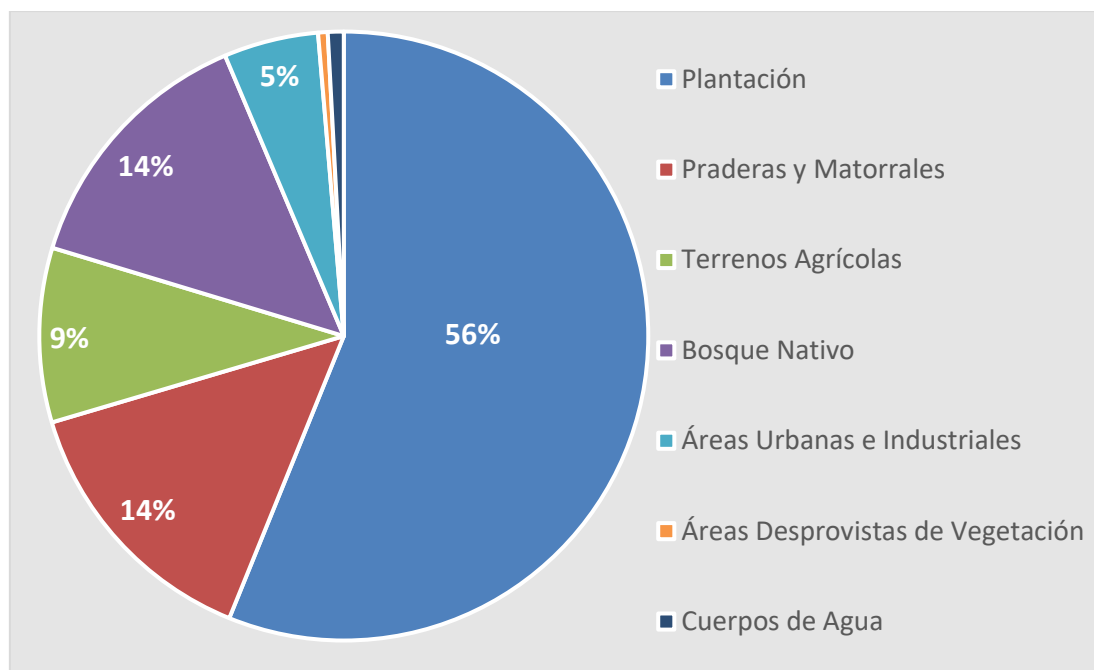
Complementando lo anterior, en la Figura 2-4 se entrega la referencia geográfica de los usos de suelos y la manera en la cual se distribuyen en la zona de estudio, indicando además la variación para algunos usos en el tiempo antes referido.

Al hacer un desglose general se puede determinar más del 56% de la superficie total de la cuenca en estudio tiene cobertura de plantación forestal, lo cual es un antecedente a tener en consideración al evaluar la dinámica del ciclo hidrológico y la relación de este tipo de cultivo en el balance final. Con el mismo interés se debe observar el porcentaje de superficie agrícola, que alcanza un valor cercano al 10% (Gráfico 2-1).



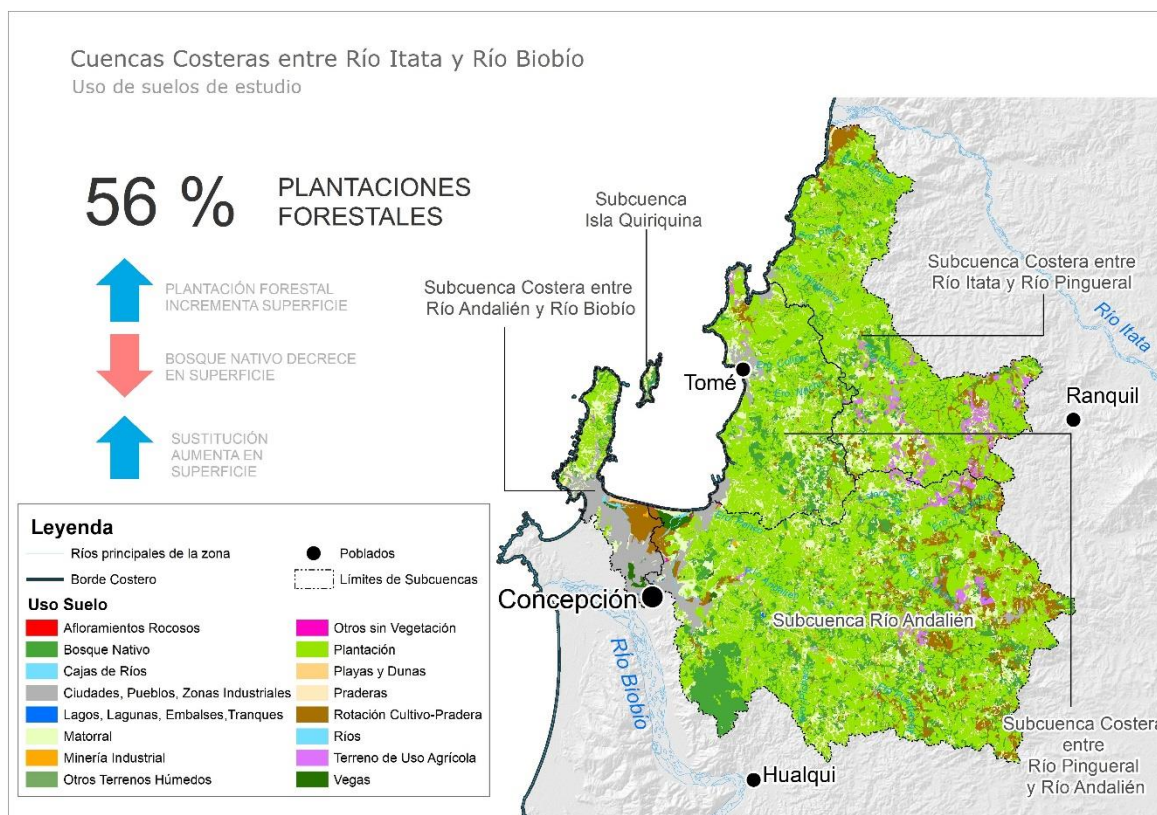
Sumado a lo anterior se puede agregar la información entregada por el Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos de Chile (SIMEF)<sup>1</sup>, plataforma donde se realiza análisis respecto a la variación de las diferentes coberturas de suelo entre al menos dos periodos. Para la cuenca en estudio se analizan los cambios entre los años 2013 y 2019, identificando como ha crecido la superficie destinada a plantaciones forestales (Gráfico 2-2).

**Gráfico 2-1. Porcentaje según usos de suelo en área de estudio**



Fuente: CONAF (2016)

<sup>1</sup> Revisado en [www.simef.cl](http://www.simef.cl)

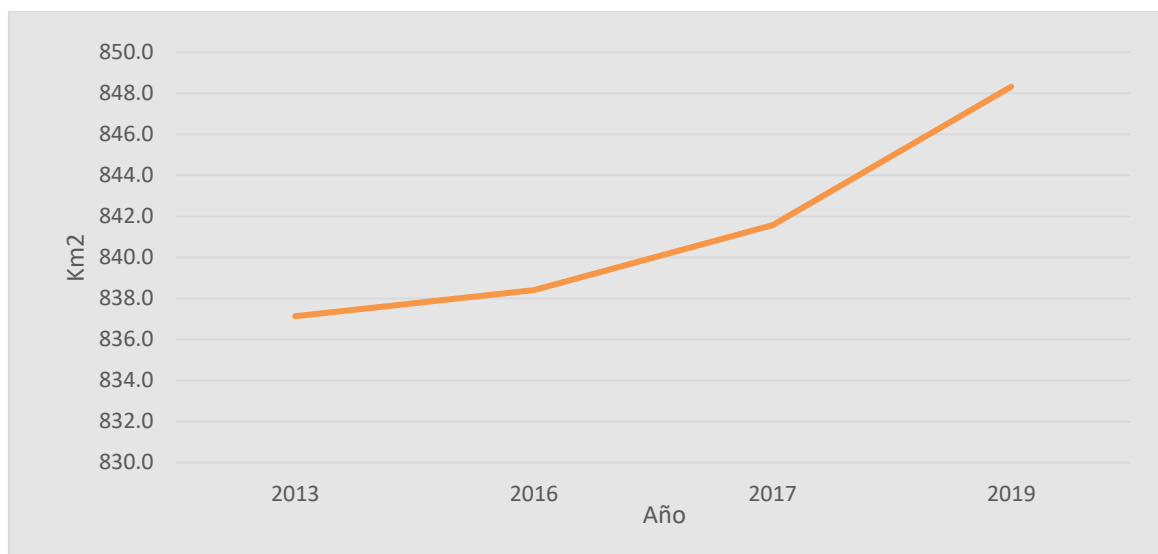


Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAF (2016)

**Figura 2-4. Uso del suelo**



**Gráfico 2-2. Evolución de la superficie de plantación forestal zona de estudio**



Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAF (2019)

Complementando la información anterior la misma fuente señala que la superficie de bosque nativo ha pasado de ponderar un 14% de la superficie total de la cuenca el año 2014 a un 13,6% el año 2019. Se señala también que la Sustitución tuvo tasas crecientes entre 2013 a 2019, igual que la deforestación, mientras que la superficie de bosque continuo ha decrecido en el territorio para el periodo de estudio (Tabla 2-2)

**Tabla 2-2. Tipo de cambios uso de suelo por periodo de tiempo**

| Descriptor del Tipo de Cambio | Superficie (Km²)<br>entre 2013-2016 | Superficie (Km²)<br>entre 2016-2017 | Superficie (Km²)<br>entre 2017-2019 |
|-------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Bosque Continuo</b>        | 209,972                             | 209,398                             | 202,167                             |
| <b>Deforestación</b>          | 0,066                               | 0,601                               | 1,532                               |
| <b>Sustitución</b>            | 0,328                               | 0,630                               | 6,817                               |

Fuente: Elaboración propia a partir de información de CONAF (2019)

De lo antes presentado las tendencias relativas a los cambios en el uso del suelo para la cuenca en estudio dan cuenta de un creciente grado de afectación o degradación, respecto a factores que tienen una incidencia directa sobre el ciclo hidrológico.

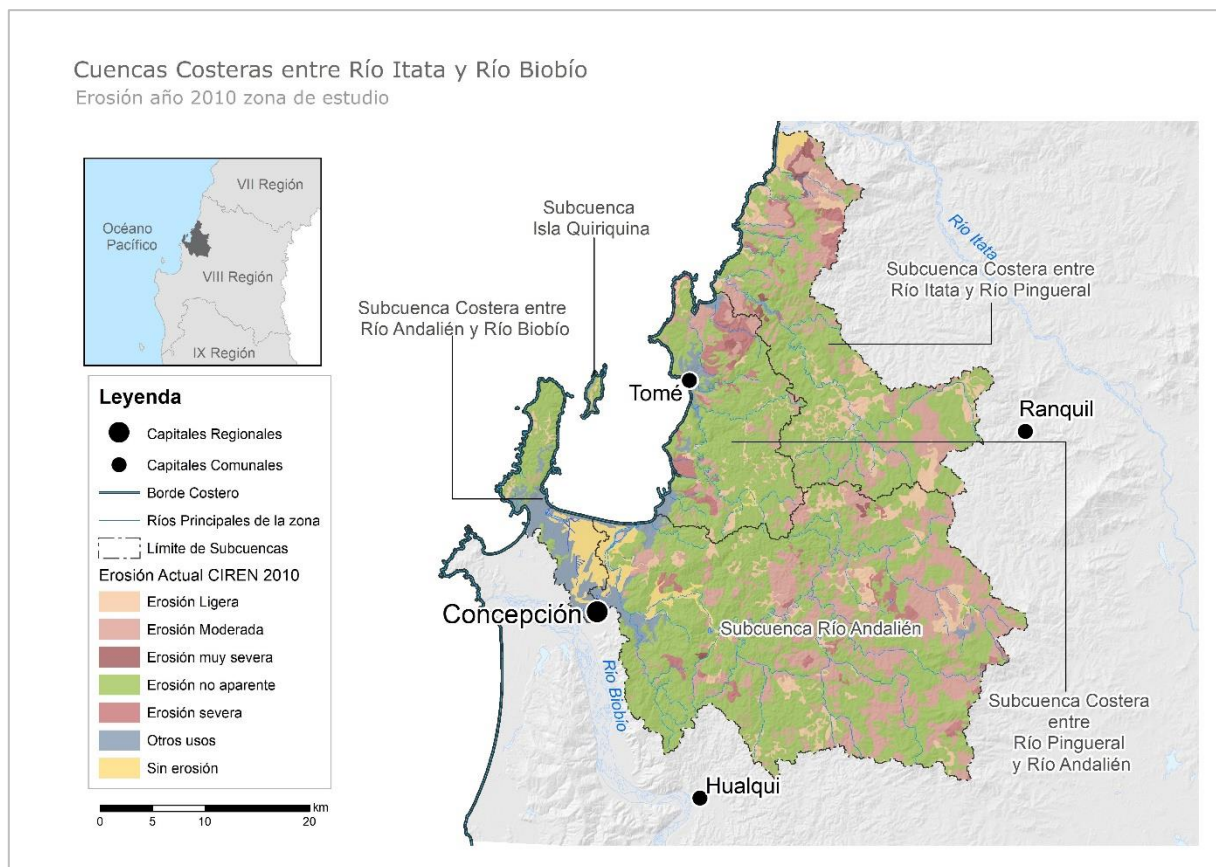
Como un componente más de la caracterización de suelos, en la Tabla 2-3 se entregan los porcentajes por categoría de erosión y en la Figura 2-5 se entrega imagen para referencia geográfica de lo indicado.

**Tabla 2-3. Porcentajes según categorías de erosión en la zona de estudio**

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

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

De los datos presentados destaca además que las superficies de Erosión No Aparente y Moderada son significativos respecto del total, principalmente por la incidencia que tiene la cubierta vegetal de las plantaciones forestales en el territorio.



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

**Figura 2-5. Erosión del suelo (año 2010)**

### 2.1.2 Hidrología

Se hace revisión respecto la caracterización hidrográfica de la cuenca en estudio, profundizando respecto de los cursos de agua superficial, lagos, humedales y aguas subterráneas.

La cuenca costera entre ríos Itata y Biobío drena gran parte de la zona costera entre Las Vegas del Itata y la parte norte de Talcahuano. Con una superficie cercana a los 1.500 km<sup>2</sup>, tiene una red de drenaje ramificada, siendo los principales cursos de agua los ríos Rafael y Pingueral, junto al Andalién. Se divide en cuatro subcuencas costeras y la isla Quiriquina frente a la bahía de Talcahuano, como se muestra en la Tabla 2-4. Debido a la ubicación

geográfica y bajas altitudes, las cuencas presentan un régimen puramente pluvial y son exorreicas.

**Tabla 2-4. Superficie de las cuencas costeras e islas entre río Itata y río Biobío**

| Código BNA<br>cuenca | Código BNA<br>subcuenca | Nombre                                         | Superficie<br>(km <sup>2</sup> ) |
|----------------------|-------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------|
| 082                  | 0820                    | Costeras entre R. Itata y R. Pingueral (Incl.) | 378                              |
|                      | 0821                    | Costeras entre Río Pingueral Y Río Andalién    | 239                              |
|                      | 0823                    | Río Andalién                                   | 794                              |
|                      | 0824                    | Costeras entre Río Andalién Y Río Bio-Bio      | 87                               |
|                      | 0825                    | Isla Quiriquina                                | 4                                |
| <b>Total</b>         |                         |                                                | <b>1.502</b>                     |

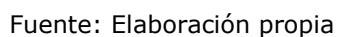
Fuente: Elaboración propia a partir de información DGA

El río Andalién es el de mayor importancia en el interfluvio Itata – Biobío, nace de la unión de los esteros Poñén y Curapalihue y alcanza una longitud aproximada de 36 km; tiene un trayecto sinuoso hasta desembocar al oeste de la localidad de Penco, en la costa sur de la bahía de Concepción. Destacan tres tributarios importantes en su parte media, los esteros Chaimávida, Pichaco y Membrillo. La hoya del río Andalién drena un área cercana a 790 km<sup>2</sup>, limita en el norte con las hoyas pequeñas del río Rafael y estero Bellavista y al sur con la cuenca del río Biobío.

Por su parte, el río Pingueral, también llamado río Rafael en su parte superior, nace de la unión de los esteros Conudo y Las Taguas en la vertiente occidental de la cordillera de la Costa y recorre cerca de 32 km antes de desembocar en la bahía Coliumo, al sur de la Punta Pingueral. Su principal afluente, el estero La Cascada, se presenta en su ribera derecha y parte media con 7 km de longitud. Más abajo, casi en su desembocadura, recibe como afluente al estero El Molino de 4 km de desarrollo.

Además de estos dos ríos principales, en la zona se encuentran muchos esteros de baja importancia y escaso caudal que desembocan en el océano Pacífico, como los esteros Perales, Purema, Dichato y Lirquén.

En la Figura 2-6 se muestra una delimitación de la zona de estudio y de la red hidrográfica identificada.



### Figura 2-6. Hidrografía

### 2.1.3 Ciudades y población

Los antecedentes entregados en este apartado permiten un acercamiento sociodemográfico a la zona de estudio, permitiendo así el cruce de criterios técnicos hidrológicos con parámetros poblacionales necesarios de ser considerados en el plan a proponer.

### 2.1.3.1 Asentamientos humanos

La zona de estudio se encuentra referida principalmente a la Región del Biobío, aunque tiene núcleos de interés correspondientes a la Región de Ñuble. Sobre la Región del Biobío,

corresponde a la Provincia de Concepción, mientras que la superficie de Ñuble se encuentra sobre la provincia de Itata.

La cuenca analizada se encuentra formada por 10 comunas, de las cuales la Tabla 2-5 entrega la población total, mientras que la Figura 2-7 detalla cómo se distribuyen las comunas dentro de la zona de estudio.

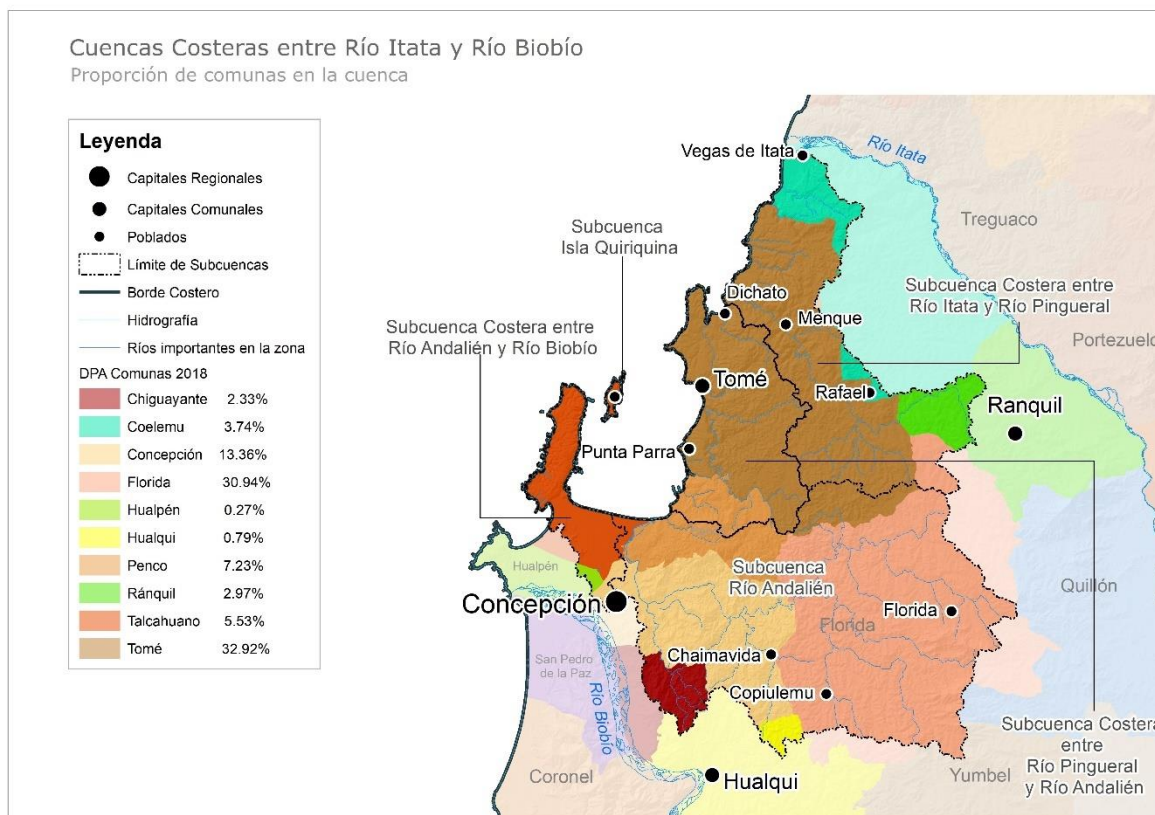
**Tabla 2-5. Población total de las comunas de la cuenca**

| Provincias   | Comuna      | Total personas<br>área urbana | Total personas<br>área rural | Total<br>Comunal |
|--------------|-------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|
| Itata        | Coelemu     | 11.435                        | 4.560                        | 15.995           |
|              | Ránquil     | 1.587                         | 4.168                        | 5.755            |
| Concepción   | Concepción  | 219.057                       | 4.517                        | 223.574          |
|              | Chiguayante | 85.863                        | 75                           | 85.938           |
|              | Florida     | 4.560                         | 6.064                        | 10.624           |
|              | Hualqui     | 20.889                        | 3.444                        | 24.333           |
|              | Penco       | 46.900                        | 467                          | 47.367           |
|              | Talcahuano  | 150.320                       | 1.429                        | 151.749          |
|              | Tomé        | 49.540                        | 5.406                        | 54.946           |
|              | Hualpén     | 90.985                        | 788                          | 91.773           |
| <b>Total</b> |             | <b>681.136</b>                | <b>30.918</b>                | <b>712.054</b>   |

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

De la tabla anterior se desprende que son las comunas de Concepción y Talcahuano las que concentran la población en la zona de estudio. Sin embargo, habrá que realizar el análisis más detallado, para determinar qué proporción de estas personas corresponden a la cuenca en estudio, en cuanto éstas son comunas en las que sólo un área determinada corresponde al territorio de análisis.





Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-7. Comunas que componen la cuenca**

### 2.1.3.1.1 Concepción

Esta comuna pertenece al área metropolitana del Gran Concepción, y es la capital de la provincia homónima y de la Región del Biobío.

Es el núcleo urbano por excelencia de la zona centro sur del país, y obviamente también en la región y de la zona de estudio. Esta comuna ejerce un significativo impacto en el comercio nacional al ser parte principal de la región más industrializada de Chile. Limita al norte con Hualpén, Talcahuano y Penco; al sur con Chiguayante y Hualqui; al este con la comuna de Florida y al oeste con el río Biobío y las comunas de San Pedro de la Paz, Coronel y Lota.

Esta unidad se caracteriza por concentrar su actividad en el área de servicios y funciona como el centro financiero. Se encuentran acá los centros académicos, sumando numerosos colegios y universidades, entre las que destacan la Universidad de Concepción, la Universidad del Bío-Bío y la Universidad Católica de la Santísima Concepción. Respecto a la gestión hídrica, esta comuna gestiona una serie de humedales urbanos, los cuales entregan una serie de servicios a la ciudadanía, y los cuales serán foco de interés principal en este estudio.

#### **2.1.3.1.2 Talcahuano**

Ubicada al oeste de la comuna de Concepción, también forma parte del Gran Concepción, y en ésta se encuentra una importante superficie de humedales y cuerpos de agua urbanos.

Este territorio alberga a uno de los puertos de mayor importancia del país, donde su labor económica se base la industria y pesca. En lo particular, el Puerto de Talcahuano está ubicado en el sector nororiente de la comuna. Consta del Muelle Manuel Blanco Encalada, o simplemente Muelle Blanco, y pertenece la Empresa Portuaria de Chile (Emporchi).

#### **2.1.3.1.3 Florida**

Esta comuna ya se encuentra inserta en la cordillera de la Costa, a 42 kilómetros al este de Concepción. Tiene una población mayormente rural, (sobre el 60%), la cual se concentra en el pueblo de Florida, capital comunal. Otro pequeño grupo se concentra en la aldea de Copiulemu.

Respecto a la planificación de recursos hídricos, esta comuna cobra importancia al ubicarse en la cuenca del Río Andalién, el cual es uno de los principales cursos de agua superficial del estudio. Su territorio tiene un alto porcentaje de plantaciones forestales y praderas naturales, con lo cual la gestión de estas superficies presenta un importante desafío de gestión sostenible.

#### **2.1.3.1.4 Tomé**

Ubicada hacia el norte de la zona de estudio, limita al norte con Coelemu y con Penco por el sur. Respecto a su gestión de recursos hídricos, destaca la cuenca del río Rafael (Pingueral), el cual desemboca en la bahía de Coliumo. También los esteros Purema, Pudá, Burca y El Molino, ubicados en el sector norte, mientras que por el sur se encuentran los esteros Dichato, Coliumo, Collén, que atraviesa la ciudad de Tomé, Perpelén y Bellavista.

Dentro de sus actividades económicas destaca el turismo y la pesca. Acá se encuentra la fábrica de alimentos marinos Pesquera Camanchaca (procesos de salmón y el langostino).



---

#### **2.1.3.1.5 Penco**

Comuna costera que deslinda con Talcahuano, Concepción, Tomé y Florida. Dentro de sus principales actividades económicas son la actividad forestal, pesca, actividad portuaria, y en una importante medida la fabricación de vidrios Lirquén e Indura. Sobre la gestión de recursos hídricos, destaca la presencia de cursos de agua superficial como los esteros Penco y Lirquén.

#### **2.1.3.1.6 Chiguayante**

Esta comuna se ubica al sur de Concepción, y es parte del límite sur de la cuenca en estudio. Sus principales cursos de agua superficial corresponden a los esteros Compuy, Los Lirios y Manquimávida, los cuales son afluentes del Estero Nonguén que entrega sus aguas al Río Andalién.

Esta unidad administrativa centra su actividad económica en la industria forestal, minera, pesquera y manufacturera, entre otros y es también un importante centro de servicios y de desarrollo inmobiliario, formando parte también del Gran Concepción. El uso de suelos de esta comuna indica que más del 50% de su superficie corresponde a bosque, siendo esta cobertura en partes iguales entre plantaciones y bosque nativo.

#### **2.1.3.1.7 Hualqui**

Esta comuna tiene una proporción menor de su superficie total en el área de estudio. Sin embargo, tiene cursos de agua superficial que entregan sus aguas en la cuenca (Estero Pichaco, afluente del Río Andalién.).

Se ubica a 24 kilómetros al sureste de la ciudad de Concepción, limitando al norte con Chiguayante, Concepción y Florida, al sur con la comuna de Santa Juana, al este con las comunas de San Rosendo y Yumbel y al oeste con las comunas de Coronel y San Pedro de la Paz. En la comuna se identifican vegas, las cuales son utilizadas para el cultivo de chacras y hortalizas, teniendo esto relación en que una de sus principales actividades económicas sea la agricultura. Destaca también la importante superficie de plantaciones forestales (pino insigne y eucaliptus).

#### **2.1.3.1.8 Coelemu**

Esta comuna se encuentra en el límite norte de la zona de estudio, con una superficie menor del total comunal en la cuenca de estudio. Sin embargo, se considera y pondera por la presencia de humedales urbanos, asociados a los esteros Purema y Estero Los Perales.

Respecto sus actividades económicas, destaca la industria forestal como pilar de su economía, aunque también se identifican importantes núcleos de producción de uva y vinos tradicionales.

---

### 2.1.3.2 Demografía

Según los datos recolectados en el censo del 2017, la comuna de Concepción posee una superficie de 221,6 km<sup>2</sup> y una población de 223.574 habitantes, de los cuales 115.950 son mujeres y 107.624 son hombres. Concepción acoge al 10,97% de la población total de la región. Un 2,02% (4.517 habitantes) corresponde a población rural y un 97,98% (219.057 habitantes) a población urbana. El índice de masculinidad es de 92,57 al año 2017. Al año 2006, la escolaridad era de 11,6 años, en promedio.

En la comuna de Talcahuano, según el Censo de 2017, la población al año 2017 fue de 151.749 habitantes, donde 78.756 correspondían a mujeres y 72.993 a hombres. El índice de masculinidad es de 96,18 para el año 2017. Un 0,94% (1.429 habitantes) corresponde a población rural y un 99,06% (150.320 habitantes) a población urbana. Al año 2006 la escolaridad era de 10,7 años.

En la comuna de Florida, según el Censo de 2017, la población fue de 10.624. De este número, 5.238 correspondían a mujeres y 5.386 a hombres. Un 57,08 2% (6.064 habitantes) corresponde a población rural y un 42,92% (4.560 habitantes) a población urbana. El índice de masculinidad es de 105,76. Al año 2006 la escolaridad era de 7,5 años, en promedio.

La comuna de Tomé posee una población de 54.946 habitantes, de los cuales 29.027 son mujeres y 25.919 son hombres. El índice de masculinidad es de 92,96 para el año 2017. Un 9,84% (5.406 habitantes) corresponde a población rural y un 90,16% (49.540 habitantes) a población urbana. Al año 2006 la escolaridad era de 9,3 años, en promedio.

En la comuna de Penco, según el Censo de 2017, la población al año 2017 fue de 47.367 habitantes, donde 24.750 correspondían a mujeres y 22.617 a hombres. El índice de masculinidad es de 94,57 para el año 2017. Un 0,99% (467 habitantes) corresponde a población rural y un 99,01% (46.900 habitantes) a población urbana. Al año 2006 la escolaridad era de 9,9 años.

En la comuna de Hualpén, según el Censo de 2017, la población fue de 91.773. De este número, 48.285 correspondían a mujeres y 43.488 a hombres. Un 0,86% (788 habitantes) corresponde a población rural y un 99,14% (90.985 habitantes) a población urbana. El índice de masculinidad es de 92,02. Al año 2006 la escolaridad era de 11,0 años.

La comuna de Chiguayante posee una población de 85.938 habitantes, de los cuales 45.433 son mujeres y 40.505 son hombres. El índice de masculinidad es de 90,06 para el año 2017. Un 0,09% (75 habitantes) corresponde a población rural y un 99,91% (85.863 habitantes) a población urbana. Al año 2006 la escolaridad era de 11,2 años, en promedio.

La comuna de Hualqui posee una población de 24.333 habitantes, de los cuales 12.490 son mujeres y 11.843 son hombres. El índice de masculinidad es de 98,08 para el año 2017.

Un 14,15% (3.444 habitantes) corresponde a población rural y un 85,85% (20.889 habitantes) a población urbana. Al año 2006 la escolaridad era de 8,6 años.

En la comuna de Coelemu, según el Censo de 2017, la población al año 2017 fue de 15.995 habitantes, donde 8.122 correspondían a mujeres y 7.873 a hombres. El índice de masculinidad es de 101,13 para el año 2017. Un 28,51% (4.560 habitantes) corresponde a población rural y un 71,49% (11.435 habitantes) a población urbana. Al año 2006 la escolaridad era de 8,1 años.

La Tabla 2-6 presenta la población por tramo de edad para las nueve comunas que componen la cuenca.

**Tabla 2-6. Porcentaje de población por tramo de edad (%)**

| Comunas            | Porcentaje de la población por tramo de edad (%) |         |         |         |          |            |
|--------------------|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------|------------|
|                    | 0 - 14                                           | 15 - 29 | 30 - 44 | 45 - 64 | 65 o más | Total      |
| <b>Concepción</b>  | 15,68                                            | 28,95   | 19,38   | 23,53   | 12,46    | <b>100</b> |
| <b>Talcahuano</b>  | 18,96                                            | 23,87   | 19,1    | 26,02   | 12,05    | <b>100</b> |
| <b>Florida</b>     | 17,1                                             | 17,88   | 18,07   | 30,04   | 16,91    | <b>100</b> |
| <b>Tomé</b>        | 19,22                                            | 21,35   | 18,83   | 26,24   | 14,36    | <b>100</b> |
| <b>Penco</b>       | 20,1                                             | 22,74   | 19,1    | 26,13   | 11,93    | <b>100</b> |
| <b>Hualpén</b>     | 19,07                                            | 23,43   | 19,42   | 25,55   | 12,53    | <b>100</b> |
| <b>Chiguayante</b> | 19,55                                            | 24,25   | 18,67   | 26,24   | 11,29    | <b>100</b> |
| <b>Hualqui</b>     | 21,83                                            | 22,53   | 19,12   | 25,39   | 11,13    | <b>100</b> |
| <b>Coelemu</b>     | 19,95                                            | 19,35   | 18,47   | 27,5    | 14,73    | <b>100</b> |

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2017)

### 2.1.3.3 Pueblos Originarios

De acuerdo con las estadísticas sociales de la CONADI (2020) en la región del Biobío, específicamente en el área metropolitana de Concepción, se mantiene como el segundo conglomerado urbano más importante del país. En cuanto a su relación con los pueblos indígenas y el autorreconocimiento basados en su población total, muestra un porcentaje que se encuentra por debajo del porcentaje nacional (8,59%), como se observa en la Tabla 2-7.

**Tabla 2-7. Total regional de población indígena**

| Pertenencia indígena             | Cantidad de personas | Porcentaje |
|----------------------------------|----------------------|------------|
| No pertenece a pueblo originario | 1.512.260            | 93,06%     |
| Pertenece a pueblo originario    | 112.839              | 6,94%      |
| Total, región del Biobío         | 1.625.099            | 100,00%    |

Fuente: CONADI, 2020

En base a los datos recogidos por CASEN de 2017, dentro de los pueblos originarios reconocidos constitucionalmente, en el Biobío sobresale un porcentaje mayor de población Mapuche con 96,69% en comparación a los demás pueblos que mantienen una participación marginal en la población indígena de la región. Le sigue el pueblo Aymara (1,32%), Atacameño (0,69%), Kawashkar – Alacalufes (0,41%), Diaguita (0,35%), Quechua (0,31%) y Rapa Nui (0,22%).

Los mismos datos recogidos por CASEN 2017 muestran una mayor concentración poblacional en las zonas urbanas más que en zonas rurales. En el territorio comprendido en este plan se encuentran las comunas de Concepción, Talcahuano, Florida, Tomé, Penco, Hualpén, Chiguayante, Hualqui (región del Biobío) y Coelemu (región de Ñuble). En ellas, la población autorreconocida como indígena se distribuye de acuerdo con lo expuesto en la Tabla 2-8.

**Tabla 2-8. Población indígena autorreconocida por comuna**

| Comuna       | Población indígena autorreconocida | Población indígena acreditada | N° Agrupaciones (comunidades y asociaciones) indígenas acreditadas |
|--------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Concepción   | 9.806                              | 5.758                         | 9                                                                  |
| Talcahuano   | 10.272                             | 4.465                         | 2                                                                  |
| Florida      | 674                                | 131                           | 0                                                                  |
| Tomé         | 2.220                              | 805                           | 2                                                                  |
| Penco        | 3.323                              | 1.100                         | 1                                                                  |
| Hualpén      | 4.887                              | 2.616                         | 3                                                                  |
| Chiguayante  | 8.366                              | 2.371                         | 5                                                                  |
| Hualqui      | 2.069                              | 644                           | 2                                                                  |
| Coelemu      | 280                                | 278                           | 1                                                                  |
| <b>Total</b> | <b>41.897</b>                      | <b>18.168</b>                 | <b>25</b>                                                          |

Fuente: CONADI, 2020

#### 2.1.3.4 Actividad Económica

La actividad económica dentro de la cuenca se centra, principalmente, en los sectores productivos: Forestal, industrial, pesca, turismo. El sector industrial se encuentra principalmente en los núcleos urbanos de Concepción y Talcahuano.

##### 2.1.3.4.1 Antecedentes generales de las actividades productivas

El detalle de las principales actividades desarrolladas en y entorno a los asentamientos humanos que componen la cuenca de estudio, se presenta en la Tabla 2-9.

**Tabla 2-9. Resumen de Información de Actividades Económicas**

| Localidad         | Comuna     | Actividad Principal                                                                                                                                                                                                                                    | Período de Desempeño            |
|-------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Vegas de Itata    | Coelemu    | Se caracteriza por cultivos tradicionales: Cereales y papas, agregando invernaderos dedicados a producción de hortalizas y flores. También pesca artesanal recolección de orilla, y desarrollo turístico                                               | Todo el año y turismo en verano |
| Perales           |            | Pesca artesanal e incipiente turismo                                                                                                                                                                                                                   | Todo el año y turismo en verano |
| Dichato           | Tomé       | Importancia de la pesca artesanal, sumando un creciente turismo.                                                                                                                                                                                       | Todo el año y turismo en verano |
| Caletas del Medio |            | Pesca artesanal.                                                                                                                                                                                                                                       | Todo el año                     |
| Tomé              |            | Se caracteriza por la pesca, sumando un importante sector turístico                                                                                                                                                                                    | Todo el año y turismo en verano |
| Punta de Parra    |            | Fuerte presencia del sector forestal                                                                                                                                                                                                                   | Todo el año                     |
| Menque            |            | Fuerte presencia del sector forestal                                                                                                                                                                                                                   | Todo el año                     |
| Rafael            |            | Fuerte presencia del sector forestal                                                                                                                                                                                                                   | Todo el año                     |
| Florida           | Florida    | Importante presencia del sector forestal, seguido de una creciente agricultura. Se presenta un sector turismo incipiente                                                                                                                               | Todo el año y turismo en verano |
| Copiulemu         |            | Sector forestal predominante. Se agrega artesanía característica                                                                                                                                                                                       | Todo el año                     |
| Concepción        | Concepción | Centro urbano principal de la Región del Biobío. Se caracteriza por importante presencia del sector siderúrgico, petroquímico, maderero, metalmecánica; industrias del papel, cemento y vidrio; refinería de petróleo, astilleros; actividad portuaria | Todo el año                     |
| El Pino           |            | Fuerte presencia del sector forestal                                                                                                                                                                                                                   | Todo el año                     |
| Chaimávida Soto   |            | Fuerte presencia del sector forestal, y una incipiente agricultura                                                                                                                                                                                     | Todo el año                     |

| Localidad         | Comuna     | Actividad Principal                                                   | Período de Desempeño            |
|-------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Lomas de Andalién |            | Actividad forestal y creciente turismo                                | Todo el año y turismo en verano |
| Penco             | Penco      | Pesca artesanal, producción e industria forestal, actividad portuaria | Todo el año                     |
| Talcahuano        | Talcahuano | Importante presencia de industria de hierro y acero.                  | Todo el año                     |
| Caleta Tumbé      |            | Predominancia de la pesca artesanal                                   | Todo el año                     |
| Isla Quiriquina   |            | Servicios de armada, turismo                                          | Todo el año                     |

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

#### 2.1.3.4.2 Actividad agropecuaria

En este punto se entregan características del sector silvoagropecuario para las comunas pertenecientes al territorio perteneciente a las cuencas costeras entre los ríos Itata y Biobío.

La caracterización se hace en base a los antecedentes bibliográficos y censales vigentes de orden general existentes para tal propósito. La caracterización agropecuaria del área de estudio tiene por objeto final estimar la demanda de agua de la actividad agropecuaria. Dada la falta de información actualizada, ésta se hace en base al Censo Silvoagropecuario (INE, 2007). Con respecto al uso productivo del suelo agrícola en el área de estudio, la Tabla 2-10 muestra la distribución por los principales rubros de cultivos.

**Tabla 2-10. Uso del suelo de las explotaciones agropecuarias con tierra**

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

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007).

En general el área de estudio presenta un fuerte componente de plantaciones forestales (80%), y de praderas naturales (16%). De este modo se desprende que, a 2007, la actividad agrícola es bastante reducida (4% del área), donde las viñas y parronales y cereales destacan entre los cultivos con potencial demanda de riego, con el 32% y 22% del 4% de superficie con producción agropecuaria.

Lo anterior se puede complementar y actualizar con lo presentado por SAG (2019) (Tabla 2-11), estamento que actualiza la superficie de viñas y parronales (blancas y tintas) en el área de estudio.

**Tabla 2-11. Distribución comunal de las viñas y parronales**

| Comuna       | Superficie Plantada (ha) |                |              |
|--------------|--------------------------|----------------|--------------|
|              | Vinífera Blanca          | Vinífera tinta | Total        |
| Chiguayante  | 0,0                      | 0,0            | 0,0          |
| Concepción   | 0,0                      | 0,0            | 0,0          |
| Florida      | 221,6                    | 58,5           | 280,1        |
| Hualpén      | 0,0                      | 0,0            | 0,0          |
| Hualqui      | 0,1                      | 0,2            | 0,3          |
| Penco        | 0,0                      | 0,0            | 0,0          |
| Talcahuano   | 0,0                      | 0,0            | 0,0          |
| Tomé         | 92,3                     | 18,2           | 110,5        |
| Coelemu      | 175,6                    | 90,3           | 265,8        |
| Ránquil      | 99,3                     | 97,0           | 196,4        |
| <b>Total</b> | <b>588,8</b>             | <b>264,2</b>   | <b>853,1</b> |

Fuente: Elaboración propia a partir de SAG (2019).

La baja en la superficie de viñas y parronales (entre 2007 y 2019) tiene relación con el bajo valor de la uva y la dificultad para el cultivo de frutales de secano cuando las precipitaciones son cada vez menores. Lo anterior, se destaca ya que este cultivo históricamente ha tenido un componente social y cultural en las comunas de estudio.

#### **2.1.4 Red Vial**

Ubicada en la costa de la región del Biobío, aunque se identifica una adecuada conexión con la Ruta 5 (Figura 2-1). Destaca la denominada Autopista del Itata (Ruta 152), que comienza en Chillan y termina en la referida Ciudad. También desde la Ruta 5 se puede mencionar la Ruta 148, que pasa por Bulnes, Quillón, Florida y termina en Concepción. Más al sur, pero también desde la Panamericana, se menciona la Ruta Q-50 la cual sale de Cabrero hacia la capital de la región del Biobío.

Hacia la costa, y tomando como referencia la ciudad de Concepción hacia el norte de la zona de estudio, destaca la Ruta 158 y 126, que unen Penco con Coelemu. Importancia también tiene la ruta que conecta Concepción y Penco (Camino Penco 1) y desde Penco a Tomé (Ruta 150). Se agrega la existencia de la Ruta O-14, que une Tomé, Dichato y Coelemu.

## 2.2 Clima

El clima determina, en forma amplia, las características y variaciones del ciclo hidrológico a nivel intraanual, interanual, y de largo plazo. Para una mejor comprensión del Plan Estratégico, se incluye una caracterización climática, una revisión de los eventos extremos y variabilidad climática, y un análisis de los escenarios de cambio climático para la cuenca.

### 2.2.1 Caracterización Climática

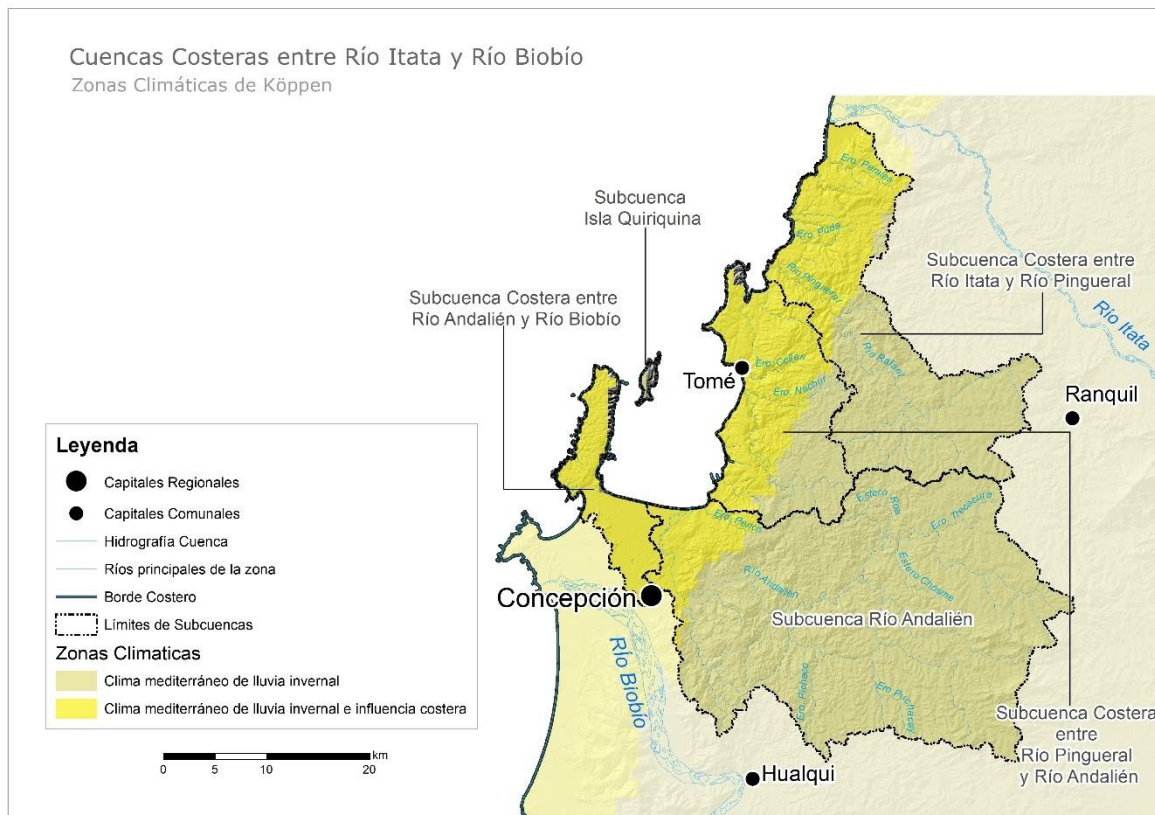
En un contexto general, y de acuerdo con la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (s,f), la región marca la transición entre los climas templados secos de la zona central de Chile y los climas templados lluviosos que se desarrollan inmediatamente al sur del Río Biobío. En la franja costanera y en los sectores altos y laderas occidentales de la Cordillera de la Costa, se presenta un clima templado húmedo, con una humedad constante con precipitaciones que fluctúan entre 1.200 mm y 2.000 mm anuales de norte a sur de la región.

Según la clasificación de Köppen, el área en estudio está determinada por dos tipos de climas a nivel regional (Figura 2-8):

- **Clima Templado Cálido con Lluvias Invernales y gran humedad atmosférica (Csbn's):** caracterizado por el borde costero en toda su extensión. Este clima se caracteriza por ser templado de lluvias estacionales y lluvias todo el año, donde la precipitación del mes más seco en verano es inferior a un tercio de la del mes más lluvioso de invierno, con una temperatura media del mes más cálido inferior a los 22° C y al menos cuatro meses con temperaturas medias que superan los 10° C. También se caracteriza con nieblas raras pero mucha humedad del aire y falta de lluvias con una temperatura relativamente baja (verano con menos de 24° C).
- **Clima Templado Cálido con Lluvias Invernales (Csb):** Este clima se presenta en la ladera este de la cordillera de la costa. El umbral térmico corresponde a una temperatura media del mes más frío es inferior a 18°C y superior a -3°C, mientras que su clima corresponde a templado de lluvias estacionales y lluvias todo el año. La precipitación del mes más seco en verano es inferior a un tercio de la del mes más lluvioso de invierno. La caracterización del comportamiento térmico anual indica que la temperatura media del mes más cálido es inferior a los 22° C y, al menos, cuatro meses, con temperaturas medias que superan los 10° C. Se suma además la



característica de nieblas raras, pero mucha humedad del aire y falta de lluvias con una temperatura relativamente baja (verano con menos de 24° C).



Fuente Propia: Elaborada en base a Mapoteca DGA

### Figura 2-8. Zonas Climáticas de Köppen

De acuerdo con el registro histórico de precipitación de la Estación Carriel Sur entre el año 1961-2020 en la ciudad de Concepción ésta registra un promedio de 1.038,72 mm al año (DMC, 2021), marcando una Tendencia Lineal Negativa de -53,3 mm por década, disminución pluviométrica que se concentra en la última década promediando los 755,5 mm anuales, coincidente con el periodo de sequía prolongada en todo sector sur de nuestro país.

---

### 2.2.2 Eventos Extremos y Variabilidad Climática

Los Eventos extremos están estrechamente ligados al concepto de riesgo, que se puede definir como el producto de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas, tales como muertes, lesiones, daños a la propiedad, pérdida de medios de vida, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental, como resultado de interacciones entre las amenazas naturales o tecnológicas y las condiciones de vulnerabilidad de población (CEPAL, 2014).

Los eventos asociados a precipitaciones con consecuencias negativas sobre la población dentro de la región del Biobío se han configurado históricamente como algunos de los hechos importantes a considerar dentro de los desastres naturales. El análisis de los antecedentes arrojados por el Boletín de Eventos Extremos entre los años 2015 – 2020 indica que los eventos más destructivos son la ocurrencia de tornados y los deslizamientos de laderas. De los diferentes eventos climáticos que afectan al área en estudio, las tormentas eléctricas y las lluvias intensas son los eventos más recurrentes. En ocasiones estos sucesos al concentrar un gran volumen pluviométrico en pocas horas propician deslizamientos de laderas o desbordes de cursos de aguas, desencadenando daños materiales y muertes. Un ejemplo de lo anterior es lo ocurrido durante agosto de 2022, cuando ONEMI declara Alerta Roja en Concepción por amenaza de desborde de río Andalién, producto de la lluvia caída, situación que no ocurría desde las históricas inundaciones de 2006. Se suma como antecedente lo referido al año 2006, cuando las inundaciones ocurridas en la ciudad de Concepción, Chiguayante y Hualqui provocaron el rebalse del embalse operado por la empresa ESSBIO, con el correspondiente daño ambiental e infraestructura pública generado.

Otro de los efectos climáticos riesgosos en la zona hace referencia a los tornados, si bien es cierto, su ocurrencia es baja y sus consecuencias pueden ser más o menos devastadoras, dependiendo de la energía que el ciclón adquiera y de la duración que tenga. La ciudad de Concepción fue protagonista de uno de estos eventos, causando daños de diversas consideraciones en su trayecto norponiente, desde el centro de la ciudad de Concepción hacia el sector de Caleta El Soldado en Playa Blanca, los días 30 y 31 de mayo del 2019 (DMC, 2019).

Sumado a lo anterior, tanto en el país y particularmente en la zona de estudio por la distribución de usos de suelo que presenta, se registran un importante número de incendios forestales. Estos fenómenos tienen impacto social, económico y especialmente ambiental. De acuerdo el Centro de Cambio Climático de la Pontificia Universidad Católica de Chile<sup>2</sup> existe una relación directa entre el alza sostenida de temperaturas (producto del Cambio

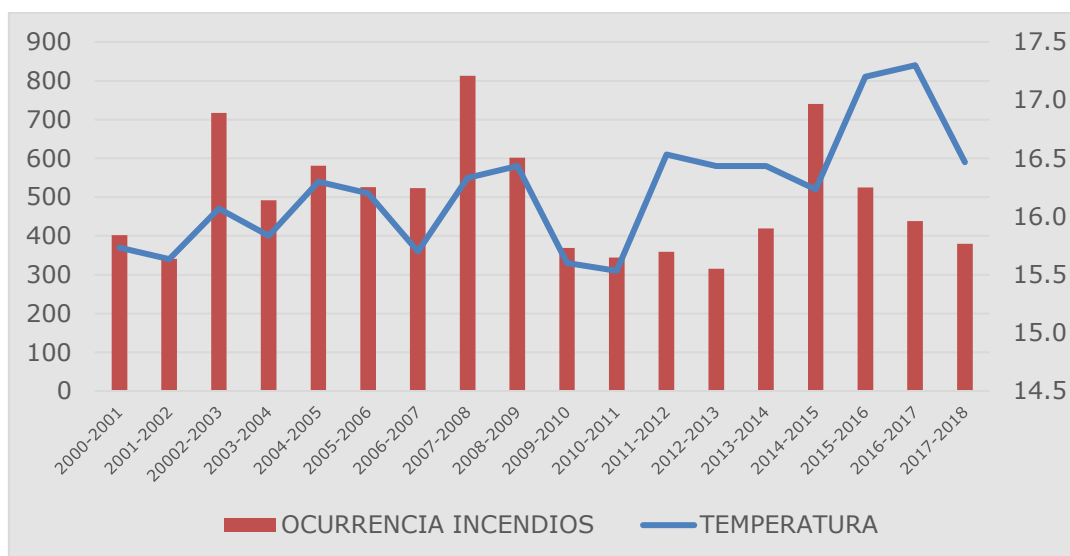
---

<sup>2</sup> Revisado en: <https://cambioglobal.uc.cl/index.php/quienes-somos/26-la-hora-de-los-consumidores-en-el-cambio-climatico-.html>

Climático) y la extensión de la temporada de incendios, así como también generaría un aumento en la frecuencia y magnitud de éstos.

Los factores antes descritos se podrían indicar como existentes en la zona de estudio, pudiendo establecer cierta correlación entre las temperaturas medias y la ocurrencia de incendios. En el Gráfico 2-3 se entrega el comportamiento de las temperaturas medias mensuales entre diciembre, enero y febrero para el periodo desde el año 2000 hasta 2018 (CR2<sup>3</sup>), cruzado con el número de incendios para las comunas del estudio de acuerdo con las estadísticas que maneja la Corporación Nacional Forestal<sup>4</sup>.

**Gráfico 2-3. Ocurrencia de incendios forestales y temperaturas**



Fuente: Elaboración propia con datos CR2 y CONAF

Aunque quizá el periodo de tiempo sea poco extenso para el análisis realizado, se observa una correlación entre el alza de temperaturas y el aumento del número de incendios. Durante los últimos 5 años de estudio la baja en la ocurrencia de incendios podría estar condicionado por los esfuerzos públicos en la prevención y mitigación de estos.

<sup>3</sup> Revisado en <https://www.cr2.cl/datos-de-temperatura/> para estación Carriel Sur.

<sup>4</sup> Revisado en <https://www.conaf.cl/incendios-forestales/incendios-forestales-en-chile/estadisticas-historicas/>

---

### 2.2.3 Escenarios de Cambio Climático

Para la caracterización de las forzantes meteorológicas de precipitación y temperatura en el periodo de modelación proyectado, en el presente plan se toman en consideración los cuatro Modelos de Circulación General (conocidos como GCM en inglés) incluidos en DGA (2019). Estos modelos consideran una trayectoria de concentración de gases de efecto invernadero equivalente a un forzamiento radiativo de  $8,5 \text{ W/m}^2$  en el año 2100 (escenario de cambio climático RCP 8.5). Dentro de los escenarios definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el escenario RCP 8.5 corresponde al más pesimista en términos de reducción de emisión de gases de efecto invernadero hacia el año 2100. De esta forma, la proyección de cambio climático considerada para la modelación contempla una situación asociada con precipitaciones cuyas tendencias son a la baja y temperaturas con tendencias al alza, lo que permite representar una posible falta en el recurso hídrico para la cuenca.

De acuerdo con lo indicado en DGA (2019), los criterios utilizados para la selección de los cuatro modelos GCM son:

- **Respuesta regional a modos globales de variabilidad climática.** Se buscó aquellos modelos que representaban adecuadamente fenómenos interanuales como la influencia de El Niño/Oscilación del Sur (ENSO) y el Modo Anular del hemisferio sur (SAM), debido a su influencia en la variabilidad de precipitación en Chile. Se descartaron aquellos con un pobre desempeño en representar estos modos naturales de la atmósfera.
- **Sensibilidad climática.** Condición del modelo que hace alusión a la respuesta global del sistema climático a una cierta forzante externa. Se seleccionaron distintos modelos, con el fin de representar sensibilidades bajas, medias y altas.
- **Cambios regionales.** Los cambios proyectados de temperatura y precipitación fueron evaluados para cada modelo. Se seleccionó un conjunto de modelos con impactos diversos.

En la Tabla 2-12 se presentan los GCM utilizados en DGA (2019) para representar las proyecciones de cambio climático.

**Tabla 2-12. GCM utilizados en DGA (2019) para representar las forzantes meteorológicas (precipitación y temperatura) en el periodo proyectado**

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

Fuente: DGA (2019)

Para la elección del GCM a utilizar en la modelación del presente PEGH, se ha realizado un análisis con el objetivo de determinar el GCM que logra tener mejor ajuste al comparar sus resultados con las magnitudes observadas en las estaciones meteorológicas de la cuenca para el periodo histórico. En el Anexo H, sección 4.3.2 se presentan detalles de los criterios tomados para esta elección, resultando el modelo MIROC-ESM como seleccionado.

## 2.3 Dimensión Ambiental

Se hace revisión de bibliografía disponibles para desarrollar la caracterización de la flora y fauna de la cuenca, sus principales sistemas ecológicos y las áreas bajo algún grado de protección. Lo anterior es para definir la incidencia de estas superficies en la cuenca, con lo que en las siguientes etapas se podrá analizar los servicios ecosistémicos que entregan y a cuanto corresponde la necesidad de agua que asegure su sostenibilidad.

### 2.3.1 Unidades Ecosistémicas

#### 2.3.1.1 Ecosistemas Terrestres

Los ecosistemas terrestres originales presentes en las cuencas costeras entre la cuenca del Itata y el Biobío son de tipo bosque caducifolio mesófilo (Gajardo, 1994), cuya característica principal es la dominancia de Robles (*Nothofagus obliqua*), con un alto carácter de transicionalidad vegetal entre los bosques esclerófilos y los bosques laurifolios.

Similarmenete, Lüebert y Pliscoff (2017) categorizan a las cuencas bajo estudio dentro de la formación del bosque esclerófilo y caducifolio. El bosque esclerófilo se encuentra distribuido

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

Los ecosistemas naturales en el área de estudio se encuentran altamente fragmentados debido principalmente a la actividad forestal, que, con plantaciones de Eucaliptus y Pino, ocupan 56,1 % de la totalidad del sistema de cuencas bajo estudio (CONAF, 2016). En sólo el 20,3% es posible encontrar ecosistemas naturales, principalmente ecosistemas de matorrales que representan fases sucesionales tempranas de lo que fue el bosque nativo (12,8%), y secundariamente bosques nativos, con sólo el 7% de la superficie de las cuencas costeras estudiadas. La única zona donde se pueden observar bosques nativos originales con una continuidad paisajística es la zona de Nonguén, en el Parque Nacional del mismo nombre.

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

En ecosistemas más intervenidos, ha sido posible detectar la presencia del Sapito de 4 ojos (protegido y de baja movilidad), 4 especies de lagartijas del género *Liolaemus* (todas en categoría de conservación y de baja movilidad), 22 aves (2 en categoría de conservación) y 8 mamíferos (tres en categoría de conservación) (Inversiones León Zavala Ltda., 2021).

### 2.3.1.2 Ecosistemas Acuáticos Continentales

La subcuenca del río Andalién es la de mayor importancia en el interfluvio Itata-Biobío, con una extensión de 780 km<sup>2</sup> (DGA, 2004). En la desembocadura de este río se encuentra parte del Sitio Prioritario "Humedales del Sistema Lacustre Intercomunal Concepción", que conforma parte de una red de ecosistemas. En agosto del 2022 la Municipalidad de Talcahuano presentó antecedentes para que este ecosistema sea declarado como "Humedal Urbano" (antecedentes públicos dispuestos por el MMA en <https://humedaleschile.mma.gob.cl/>). A un nivel de cuenca hidrográfica, este ecosistema presenta variedad de especies (107 en total), con 33 de éstas protegidas, principalmente

peces y secundariamente anfibios y crustáceos (MOP, 2013). Estudios de terreno del MOP (2013) han identificado variedad de micro, macroalgas, especies de ribera, macroinvertebrados bentónicos y fauna íctica, de las cuales se destaca la presencia de seis especies de peces protegidas. En el año 2011, este humedal fue reconocido a nivel internacional por el BirdLife International como un Área Importante para la Conservación de Aves.

En adición a la zona de desembocadura del río Andalién, la zona urbana e interurbana entre Talcahuano y Penco se encuentran una serie de humedales urbanos que también forman parte del Sitio Prioritario para la biodiversidad antes indicado (“Humedales Sistema Lacustre Intercomunal Concepción”, muy probablemente asociado al paleocauce del río Biobío). Estos ecosistemas tipo lagunas o de cuerpos de agua estancados, presentan una alta productividad biológica y cumplen múltiples funciones que permiten la mantención de una elevada biodiversidad, y además presentan una elevada fragilidad producto de la constante expansión urbana. Estudios de Villagrán-Mella *et al.* (2006) en estos ecosistemas han relacionado sectores que presentan, entre otros, mayor naturalidad, con mayores abundancias de insectos acuáticos, los que son considerados como indicadores de la condición ambiental en ecosistemas acuáticos. En la zona se encuentran en proceso una serie de ecosistemas: Playa Negra I y II, La Greda, Forestal Arauco, Denavi Sur, Laguna Macera, Tucapel Bajo y Vasco da Gama, siendo este último el de mayor superficie, declarado admisible como reconocimiento de humedal urbano mediante Res. Exe. N° 941 del 22 de agosto del 2022 (antecedentes públicos dispuestos por el MMA en <https://humedaleschile.mma.gob.cl/>).

Otro ecosistema acuático que se identifica como relevante para la protección de la biodiversidad corresponden a las Vegas del Itata, localizado al sur del cauce del mismo nombre, el cual forma parte de la ribera y zona de desembocadura de este cuerpo de agua. Las Vegas del Itata es un Sitio Prioritario para la biodiversidad, se localiza en la línea de costa del extremo norte de las cuencas costeras entre Itata y Biobío, posee una superficie total de unas 2.010 hectáreas, de las cuales 680 hectáreas (33,8%) se encuentran en las cuencas bajo estudio. No se encuentran estudios sobre los ecosistemas en este Sitio Prioritario, sin embargo, en vista del catastro del uso del suelo y la vegetación (CONAF, 2016), se evidencia que la zona en la cuenca bajo estudio se encuentra altamente intervenida, con una superficie de 74,3% de uso como rotación cultivo-pradera y un 16,4% de uso como plantaciones forestales. Este ecosistema no se encuentra en proceso de ser declarado como Humedal Urbano.

Por otro lado, los esteros de la zona norte del sistema de cuencas costeras bajo estudio presentan menores magnitudes y forman pequeñas playas en sus desembocaduras, las que no presentan protección oficial ni se encuentran caracterizadas como Sitio Prioritario para la biodiversidad regional. Estos ecosistemas por lo general se encuentran inmersos en



plantaciones forestales, sin embargo, las zonas menos intervenidas de ribera podrían sostener una biodiversidad relevante, donde la fauna podría movilizarse (corredores biológicos). Además, las zonas de desembocaduras presentan relevancia debido al establecimiento de humedales y presencia de playas, donde la actividad biológica es comparativa mayor respecto de las demás zonas principalmente de uso forestal. En este sector, el río Pingueral es el que presenta mayor extensión, no obstante, no se encuentra información ambiental sobre este ecosistema, ni se encuentran áreas bajo protección oficial o como Sitio Prioritario.

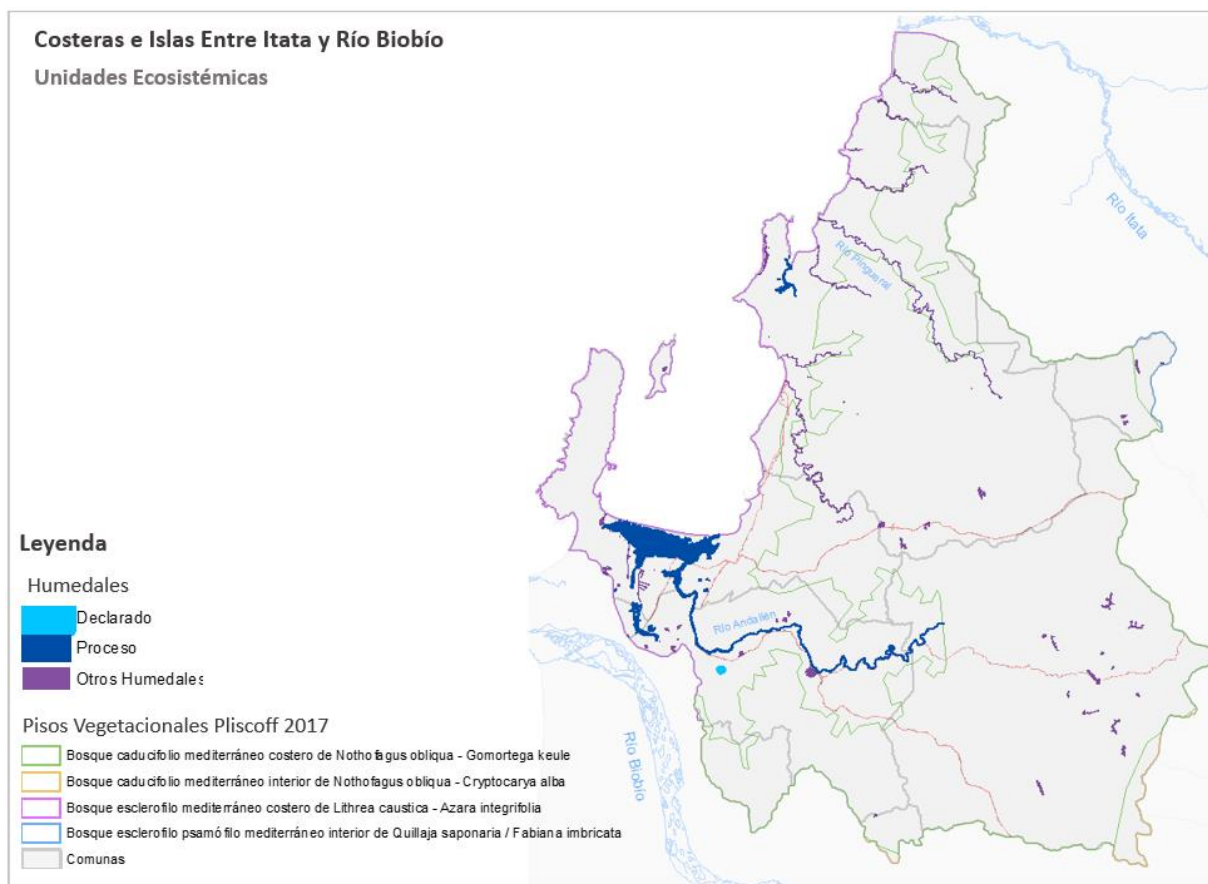
### 2.3.1.3 Ecosistemas Marinos

De acuerdo con la clasificación de ecosistemas marinos chilenos de la zona económica exclusiva (MMA, 2016), los ecosistemas marinos frente a las cuencas bajo estudio corresponden al tipo "Chile Central", correspondiente a un "litoral blando" frente a la línea de costa de mayor grosor en la bahía de Concepción, que se mezcla con algunos sectores de "litoral duro", el que presenta menor representatividad. Hacia aguas adentro se encuentra básicamente un "epibento blando", descartándose la presencia de zonas de surgencia marinas frente a las cuencas costeras bajo estudio (MMA, 2016).

Estudios sobre ecosistemas marinos en la bahía de Concepción (Inversiones GNL Talcahuano SpA, 2016) han descrito la relevancia de la influencia de las aguas dulces continentales sobre ecosistemas marinos, la que genera una capa superficial de baja salinidad, produciendo una estratificación que se relaciona con patrones fisicoquímicos y biológicos en la columna de agua. Este mismo estudio ha registrado que en la bahía se presenta una buena calidad de las aguas y de sedimentos, además de presencia de comunidades macrobentónicas submareales de sustrato blando característicos de presencia de elevada materia orgánica (p.e. poliqueto *Nephtys ferruginea*) y especies de importancia comercial (p.e. *Jaiba reina*), comunidades macrobentónicas intermareales de sustrato blando dominado por moluscos, insectos y Arachnida, con presencia de especies de interés comercial (p.e. *Gari solida*), y dominancia de la macrialga *Rhodymenia*. Además, en esta bahía se encuentra diversidad de especies de fitoplancton y zooplancton, dominados por diatomeas y copépodos, respectivamente, así como abundancia de especies de peces, muchos de interés comercial, como la sardina común y la anchoveta.

De lo expuesto, se determina que las principales unidades ecosistemas que podrían estar referidas para la cuenca en estudio corresponden a Bosque Mediterráneo Costero, áreas de Humedales y los Ecosistemas Marinos asociadas a la costa de la cuenca. En la Figura 2-9 se entrega referencia gráfica respecto a las unidades mencionadas.





Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-9. Unidades ecosistémicas**

#### 2.3.1.4 Servicios Ecosistémicos

En diferente grado, el recurso hídrico sostiene la estructura y funcionalidad de los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos en las cuencas bajo estudio, encontrándose dichos sistemas interrelacionados, variando espacio temporalmente. En la Tabla 2-13 se presenta el conjunto de servicios ecosistémicos identificados relacionados con el recurso hídrico, los que se analizan a continuación.

Primeramente, y desde un punto de vista de los servicios ecosistémicos, la mantención del ciclo hidrológico, cuyo ingreso de agua fresca proviene superficial y principalmente de las precipitaciones, genera una fuente o provisiona agua de buena calidad para consumo humano y actividades productivas de tipo antrópicas. Estos ingresos a los ecosistemas infiltran a través del suelo y sistemas superficiales de humedales, lo cual genera una

recarga a acuíferos, los que pueden actuar como reserva frente a eventos de sequía (servicio ecosistémico ID 1). Además, el agua marina podría ser utilizada para algunos procesos productivos y, cuando es tratada, puede ser utilizada como agua de uso doméstico o industrial.

Luego, los cuerpos de agua brindan servicios en cuanto a su capacidad de dilución de contaminantes. En las cuencas bajo estudio los cuerpos de agua superficiales continentales son relativamente de baja magnitud, por lo cual su capacidad de diluir contaminantes se considera como limitada. En cambio, el medio marino podría ser considerado como un cuerpo de agua lo bastante grande para brindar este servicio ecosistémico de naturaleza abiótica (servicio ecosistémico ID 2).

Se ha descrito que los humedales costeros brindan diversos servicios ecosistémicos, destacándose en el área bajo estudio la protección que generan frente a tsunamis (servicio ecosistémico ID 3) y su cualidad de agente purificador de contaminación, tanto en la línea de costa como aquellos que se encuentran asociados a zonas urbanas (servicio ecosistémico ID 10). Además, tanto estos humedales tipo costeros, como los urbanos y los de escurrimiento superficial (desde cauces más pequeños hasta el río Andalién) pueden ser considerados como reguladores de la temperatura ambiente (servicio ecosistémico ID 4), moderando condiciones locales, especialmente en las ciudades donde la cubierta vegetal se encuentra mayormente removida.

Por otro lado, la mantención de los flujos ecosistémicos en base al recurso hídrico como variable de estado, contribuye a la generación de biomasa y recursos genéticos que son aprovechados por las comunidades humanas. En consideración de la naturaleza de las cuencas costeras entre Itata y Biobío, se reconoce una diversidad relevante de especies marinas que son utilizadas como fuente alimenticia (servicio ecosistémico ID 5), mientras que en ecosistemas terrestres la biomasa de la cubierta puede ser utilizada como leña para combustible (servicio ecosistémico ID 6), así como para cultivo de maneras por parte de la industria forestal (servicio ecosistémico ID 7), la cual es intensiva en las cuencas costeras analizadas.

Además, a nivel transversal se reconoce un elevado endemismo en la zona central de Chile, cuyo acervo genético podría ser utilizado para generación de nuevos usos para el ser humano (servicio ecosistémico ID 8), por ejemplo, medicinal o nutricional.

La cubierta vegetal también genera una protección respecto de procesos erosivos producto de precipitaciones u otros factores, evitando la pérdida de suelo y la remoción de grandes masas de tierra que puedan significar pérdidas materiales para el ser humano (servicio ecosistémico ID 9).

Otro aspecto relevante de los ecosistemas acuáticos bajo estudio corresponde a la zona de ribera, especialmente cuando los cauces son de mayor magnitud, como el río Andalién. Por

un lado, esta zona puede actuar como barrera respecto de los contaminantes que se produzcan por procesos erosivos (servicio ecosistémico ID 10), actuando como agente purificador respecto de la calidad del agua, y por otro lado, en consideración de la elevada actividad forestal en la zona, las riberas de humedales tipo cauces que además se conectan con sistemas de humedales costeros, son utilizados por las especies biológicas como corredores (servicio ecosistémico ID 11), constituyendo un hábitat de elevada relevancia en la zona.

Finalmente, en el área de estudio se reconoce el valor paisajístico, recreacional y cultural de los cauces, humedales costeros y su interrelación con la zona de costa marina. Estos sistemas son de gran atractivo turístico, con aún un gran potencial en cuanto al desarrollo de caminatas, actividades deportivas al aire libre, ecoturismo, etc. (servicio ecosistémico ID 12).

**Tabla 2-13. Servicios Ecosistémicos Asociados a Ecosistemas Naturales en la Cuenca**

| ID | Sección           | División | Grupo                                         | Clase                                                       | Servicio ecosistémico                                                                                                  |
|----|-------------------|----------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Aprovisionamiento | Agua     | Agua superficial y subterránea para nutrición | Agua superficial y subterránea para bebida                  | Disponibilidad de agua de buena calidad para consumo humano. Recarga a acuíferos – reservas frente a eventos de sequía |
| 1  | Aprovisionamiento | Agua     | Agua superficial y subterránea como insumo    | Agua superficial y subterránea para actividades productivas | Disponibilidad de agua de buena calidad para actividades productivas                                                   |
| 1  | Aprovisionamiento | Agua     | Otros ingresos de agua – agua desalada        | Agua desalada para bebida u otro uso                        | Recolección y tratamiento de agua de mar para consumo humano u otro uso                                                |

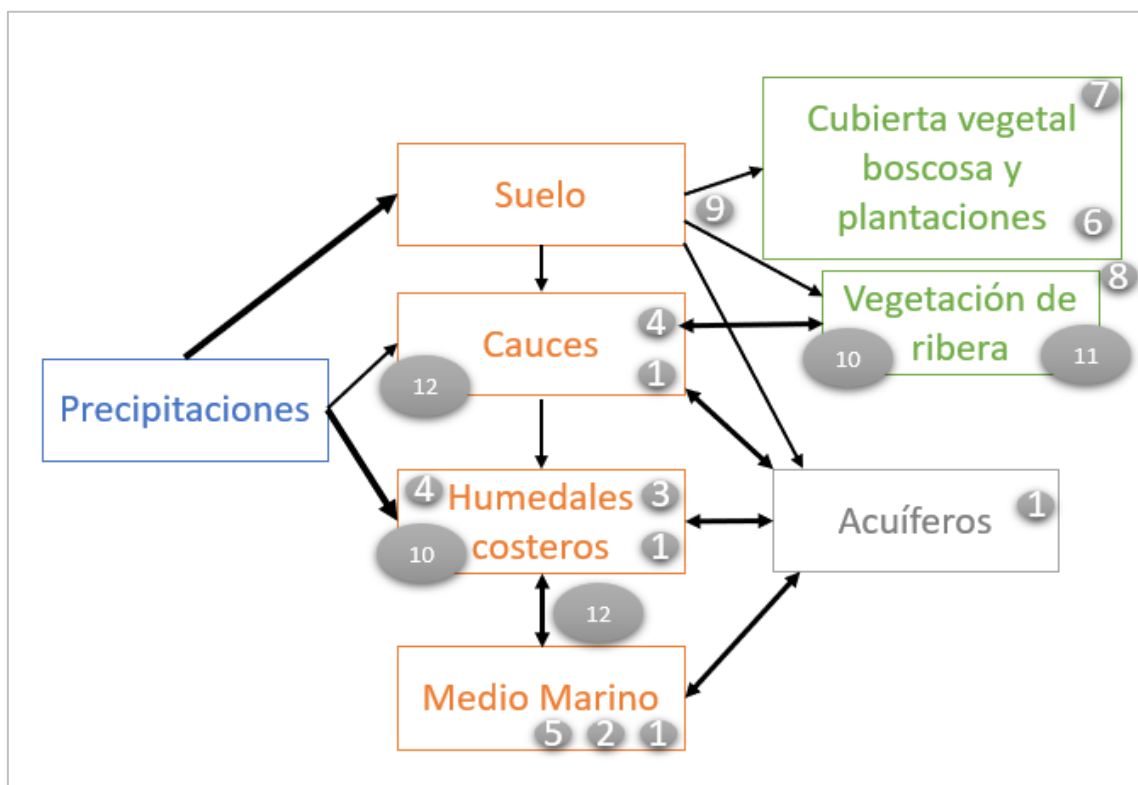
| ID | Sección                            | División                                                          | Grupo                                                                  | Clase                                                                              | Servicio ecosistémico                                           |
|----|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 2  | Regulación y mantención (abiótico) | Transformación de insumos bioquímicos o físicos a los ecosistemas | Mediación de desechos, tóxicos y otras molestias por procesos no vivos | Dilución mediada por ecosistemas acuáticos terrestres y marinos                    | Uso de la capacidad de dilución de contaminantes en zona marina |
| 3  | Regulación y mantención (abiótico) | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas          | Regulación de flujos de base y eventos extremos                        | Flujos de masas de agua                                                            | Humedales costeros como barreras protectoras contra tsunamis    |
| 4  | Regulación y mantención (abiótico) | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas          | Mantención de las condiciones físicas, químicas y abióticas            | Mantención y regulación mediante procesos químicos y físicos naturales inorgánicos | Humedales como reguladores de la temperatura                    |
| 5  | Aprovisionamiento                  | Biomasa                                                           | Animales y plantas silvestres para nutrición, materiales o energía     | Animales y plantas silvestres para uso nutricional                                 | Aprovisionamiento de alimentos (especies marinas)               |
| 6  | Aprovisionamiento                  | Biomasa                                                           | Plantas silvestres para nutrición, materiales o energía                | Plantas silvestres como fuente de energía                                          | Aprovisionamiento de leña como combustible                      |
| 7  | Aprovisionamiento                  | Biomasa                                                           | Plantas terrestres cultivadas para nutrición, materiales o energía     | Fibras y otros materiales de plantas cultivadas para uso directo o procesamiento   | Provisionamiento de madera para industria forestal              |

| ID | Sección                           | División                                                                                                                | Grupo                                                                      | Clase                                                                                                                               | Servicio ecosistémico                                                                                                                                         |
|----|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8  | Aprovisionamiento                 | Material genético de toda la biota                                                                                      | Material genético de animales, plantas, algas y hongos                     | Organismos que se utilizan para generar nuevas cepas                                                                                | Nuevos usos a partir de endemismo local (genes únicos)                                                                                                        |
| 9  | Regulación y mantención (biótico) | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas                                                                | Regulación de flujos de base y eventos extremos                            | Estabilización y control de las tasas de erosión                                                                                    | Protección contra la erosión, control de deslizamientos de tierra debido a la estabilización de los ecosistemas por cubierta vegetal                          |
| 10 | Regulación y mantención (biótico) | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas                                                                | Calidad del agua                                                           | Regulación de la condición química de las aguas dulces por procesos vivos/ecológicos                                                | Riberas, humedales urbanos y costeros como agentes purificadores                                                                                              |
| 11 | Regulación y mantención (biótico) | Regulación de condiciones físicas, químicas y biológicas                                                                | Mantención del ciclo de vida, protección del hábitat y del acervo genético | Mantención de poblaciones y hábitats de propágulos, incluida la protección del acervo genético                                      | Vegetación de ribera como corredores biológicos (hábitat)                                                                                                     |
| 12 | Cultural (biótico)                | Interacciones directas, in situ y al aire libre con sistemas vivos que dependen de la presencia en el entorno ambiental | Interacciones físicas y vivenciales con el entorno natural                 | Características de los sistemas vivos que posibilitan actividades que promuevan la salud, la recuperación o el disfrute a través de | Cualidades de los humedales costeros y zona marina atractivos para excursionistas y turismo. Promoción de actividades de buceo, nado, actividades deportivas, |

| ID | Sección | División | Grupo | Clase                               | Servicio ecosistémico                  |
|----|---------|----------|-------|-------------------------------------|----------------------------------------|
|    |         |          |       | interacciones activas o inmersivas. | ecoturismo, <i>birdwatching</i> , etc. |

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

En la Ilustración 2-1 se encuentra un esquema de los servicios ecosistémicos detectados a través del presente estudio, relacionados con el flujo de agua a través de los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos. Los números de los servicios corresponden a los identificados en la tabla anterior.



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 2-1. Esquema de Servicios Ecosistémicos**

---

### 2.3.1.5 Amenazas

Como se mencionó anteriormente, en diferente grado el recurso hídrico sostiene la estructura y funcionalidad de los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos, cuya dinámica varía y posee cierto nivel de resiliencia.

No obstante, frente a un gran número de perturbaciones, que se repitan reiteradamente, la capacidad de resiliencia ecosistémica “se agota”, perdiendo entonces las propiedades ecosistémicas de las relaciones, y por tanto afectando los servicios ecosistémicos que brindaban sin perturbaciones.

En base a la revisión bibliográfica realizada se han detectado una serie de actividades antrópicas que pueden afectar la capacidad de resiliencia de los ecosistemas, las que se muestran esquemáticamente en la Ilustración 2-2.

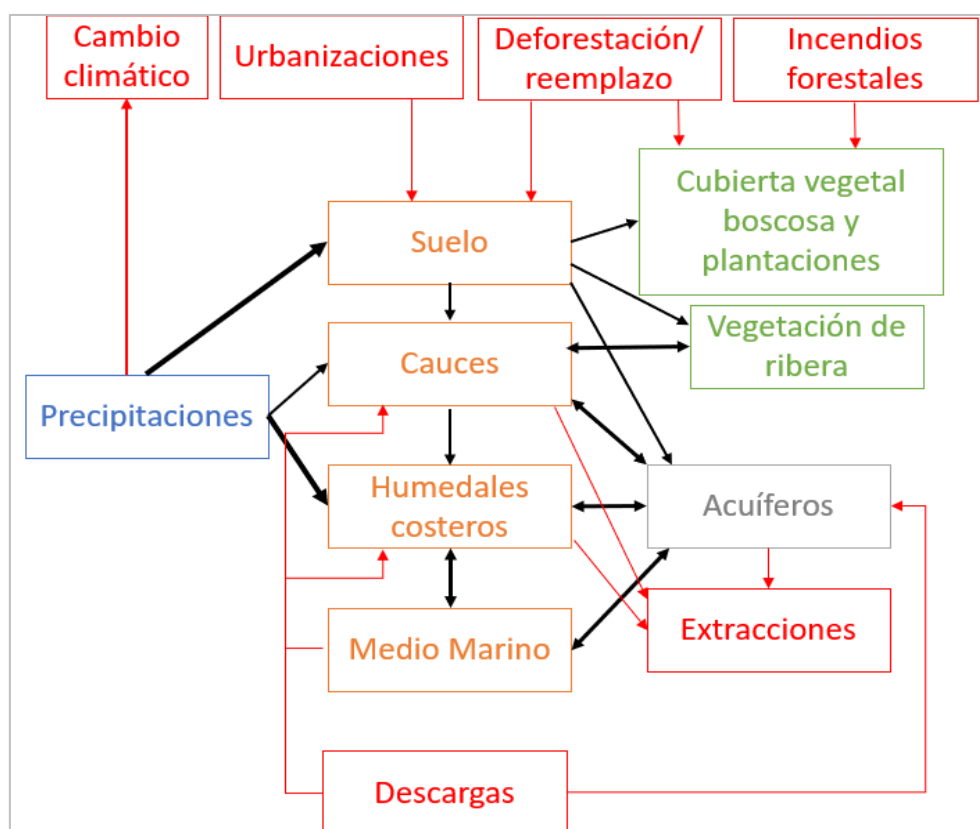
La deforestación y reemplazo de la vegetación nativa por plantaciones forestales afectan directamente la cobertura y estructura de la vegetación nativa. Las propiedades del suelo se pierden al verse expuestos (sin cubierta vegetal) y/o al variar su composición química producto del reemplazo de la vegetación nativa, generándose procesos erosivos a baja y alta magnitud, cuya afectación dependerá de las condiciones orográficas locales. Este proceso se intensifica con los recurrentes eventos de incendios forestales, que afectan formaciones nativas y cubiertas antrópicas, que a su vez modifican negativamente las propiedades naturales de los suelos y los flujos de agua. Lo anterior también provoca mayor arrastre de sedimentos y contaminantes hacia los cauces, que en la zona son de baja magnitud, afectando también a los humedales costeros y su diversidad.

Las extracciones de agua fresca para diferentes actividades humanas desde cuerpos de agua superficiales generan una fuerte presión sobre los ecosistemas y sus servicios. La obtención y uso consuntivo no sustentables para agua potable, forestales, industrias u otro desde cauces superficiales, humedales costeros y/o acuíferos deprimen dichos cuerpos de agua, afectando diversos servicios ecosistémicos, como su capacidad de ser agente purificador, de amortiguar períodos de escasez y sostener biodiversidad. Al disminuir el volumen de los ecosistemas costeros, la pluma salina del mar tiende a ingresar (intrusión salina), modificando las propiedades de estos ecosistemas naturales, desde su físico-química hasta la composición de especies nativas.

Las descargas de aguas contaminadas con nutrientes o alta carga orgánica, por ejemplo, producen un cambio en las propiedades físico-químicas del agua, que bajo cierto nivel de descargas, no son capaces de purificar. En ecosistemas de bajo flujo, como algunos cauces en las cuencas bajo estudio, estas descargas antrópicas pueden ser críticas, afectando irreversiblemente las propiedades de los ecosistemas y por tanto, los servicios ecosistémicos que brindan.

Se ha descrito que en la cuenca de estudio los humedales costeros y urbanos se han visto presionados por el uso del territorio para urbanizaciones y/o zonas residenciales (loteos o parcelas) con distinto nivel de regularización. Además de la utilización del territorio, las urbanizaciones requieren de agua potable y generan descargas, y son fuentes generadoras de emisiones de ruido y luz, inclusión de fauna depredadora, perturbación local de hábitats, entre otras, lo que va deteriorando las propiedades de los ecosistemas de humedales costeros.

Finalmente, cabe mencionar los efectos del cambio climático en cuanto a la disminución de las precipitaciones y aumentos de temperatura, lo que generará menor ingreso de agua fresca a los ecosistemas acuáticos continentales. Como el único y mayoritario ingreso de agua fresca a la dinámica de estos ecosistemas son las precipitaciones, se espera que la afectación sea global, acelerando los procesos de detrimento de las propiedades de los ecosistemas, y por tanto generando una pérdida de los servicios ecosistémicos descritos en el presente estudio.



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 2-2. Perturbaciones sobre Ecosistemas y sus amenazas sobre los Servicios Ecosistémicos**



---

### 2.3.1.6 Cambio en la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua con el paso del tiempo

El presente indicador corresponde al ODS 6.1.1, y rastrea los cambios a lo largo del tiempo en los ecosistemas relacionados con el agua. Las observaciones de la Tierra se utilizan para determinar los cambios en los cuerpos de agua superficiales, como lagos, grandes ríos, humedales inundados y embalses. Los avances recientes en el análisis de imágenes satelitales también han permitido conjuntos de datos globales sobre la calidad del agua del lago, los manglares costeros y las áreas de humedales interiores. El PNUMA es el custodio del indicador 6.6.1.

En Chile, la DGA ha basado sus reportes en la Metodología paso a paso<sup>5</sup> mediante la utilización de imágenes satelitales y análisis de cambios de los cuerpos de agua en la plataforma Fresh Water Ecosystems Explorer<sup>6</sup>. Esta plataforma se encuentra públicamente disponible para brindar datos precisos a los países, de alta resolución y series temporales sobre agua dulce a nivel mundial.

El cambio total en la extensión del agua superficial se calcula comparando los datos de los cinco años más recientes con un período de referencia de 5 años (2000 – 2004).

A nivel de cantidad de agua superficial se tienen estadísticas a 2 niveles, dinámicas de las aguas permanentes y las estacionales:

- a) **Dinámica de aguas permanentes:** se define como aquellas masas de agua presentes los 12 meses del año.
- b) **Dinámica de aguas estacionales:** se define como aquellas masas de agua que está presente menos de 12 meses al año.

Los análisis obtenidos para el presente ODS se encuentran en la Tabla 2-14. Se observa en prácticamente la mitad de los casos una disminución de las aguas permanentes y estacionales en las subcuencas analizadas. La mayor disminución porcentual se encuentra en las aguas estacionales de las cuencas costeras entre río Andalién y río Biobío, asociadas principalmente a la zona de caleta de Lenga y humedal urbano en Talcahuano. En aumento en aguas permanentes en Andalién y cuencas costeras entre río Itata y río Pingueral se relacionaría a la mayor cantidad de tranques para riego de plantaciones principalmente.

---

<sup>5</sup> <http://www.sdg6monitoring.org/news/indicators/661>

<sup>6</sup> <https://www.sdg661.app/>

**Tabla 2-14. Cambios en la extensión de los ecosistemas acuáticos en la cuenca**

| Subcuenca DGA                               | Código 6.6.1 | Sup. Total<br>Humedales<br>(km <sup>2</sup> ) | Aguas<br>permanentes |       | Aguas<br>estacionales |        |
|---------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|----------------------|-------|-----------------------|--------|
|                                             |              |                                               | km <sup>2</sup>      | %     | km <sup>2</sup>       | %      |
| Costeras entre río Andalién y río Biobío    | 66230010     | 0,03                                          | 0,01                 | 0,62  | -0,39                 | -25,34 |
| Río Andalién                                | 66230020     | S/I                                           | 87,04                | 0,24  | -5,99                 | -0,03  |
| Costeras entre río Pingueral y río Andalién | 66230030     | S/I                                           | -9,05                | -0,01 | 49,59                 | 0,07   |
| Costeras entre río Itata y río Pingueral    | 66230040     | S/I                                           | 148,26               | 0     | 20,29                 | 0      |

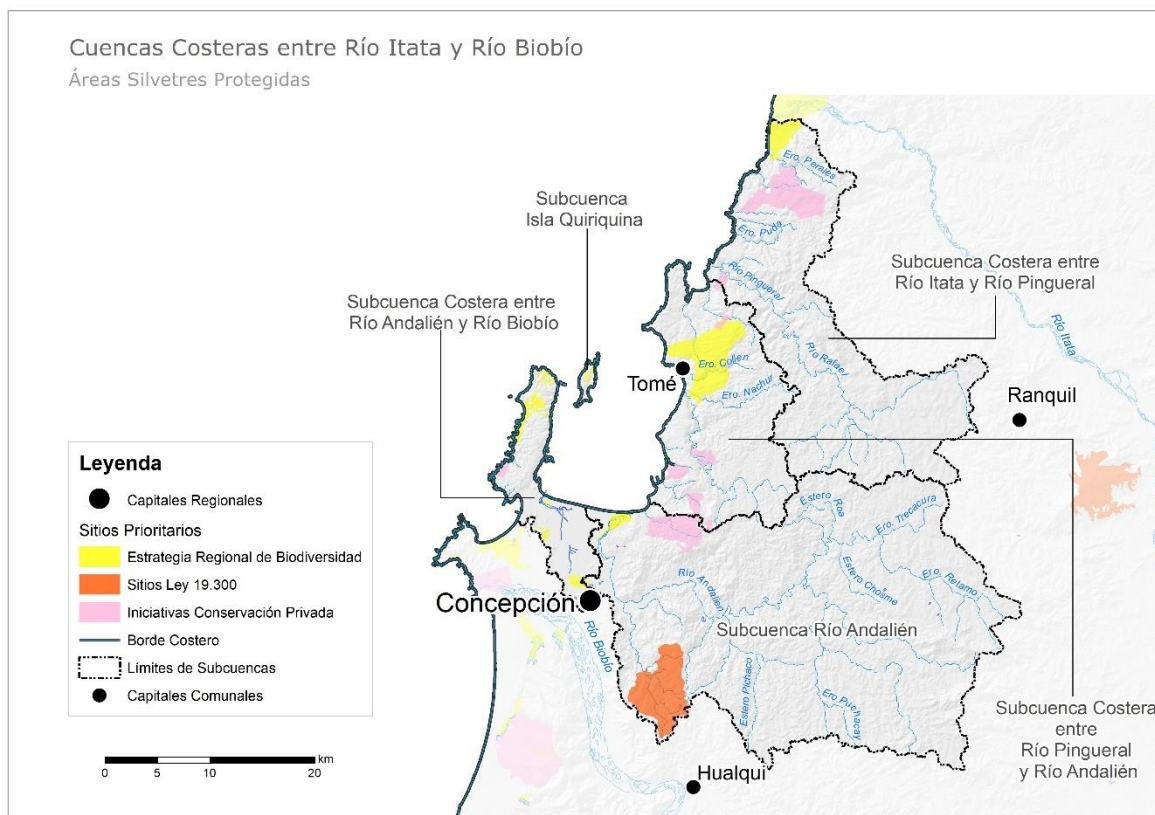
Fuente: Elaboración propia en base a Freshwater Ecosystems Explorer

### 2.3.2 Áreas Silvestres Protegidas

En la Figura 2-10 se entrega ubicación geográfica respecto a las superficies con algún grado de protección en la zona de estudio, áreas que además son la base para la caracterización medio ambiental del territorio.

- **Parque Nacional Nonguén<sup>7</sup>:** Se localiza en la parte media de las cuencas bajo estudio, en el límite sur, y posee una superficie de 3.036,9 hectáreas. Fue creado como Reserva Nacional el 30 de diciembre de 2009 y luego recategorizada como Parque Nacional Nonguén, con publicación en el Diario Oficial el 31 de agosto de 2021. Además, es reconocida como Sitio Prioritario para la biodiversidad regional. Como se ha mencionado anteriormente, este Parque protege al último remanente importante del bosque caducifolio de la costa de Concepción. Además, esta área silvestre protege importantes especies de fauna, entre las que destacan mamíferos como el monito de monte, zorro y pudú. Entre los anfibios, destaca la ranita de Darwin. De la variedad de aves que se pueden observar destacan, el chuncho, el aguilucho, la lechuza blanca, el rayadito y el chucao.

<sup>7</sup> Revisado en <https://www.conaf.cl/parques/parque-nacional-nonguen/>



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-10. Áreas Silvestres Protegidas**

• **Sitios Prioritarios (Estrategia Regional de Biodiversidad)<sup>8</sup>**

- **Vegas del Itata:** Como se ha mencionado anteriormente, no se encuentra información sobre las características ecológicas de este Sitio. De acuerdo con los antecedentes recopilados posee una superficie total de unas 2.010 hectáreas, de las cuales 680 hectáreas (33,8%) se encuentran en las cuencas bajo estudio, las que en su mayoría se encuentran intervenidas para uso como rotación cultivo-pradera y plantaciones forestales.
- **Tomé-Neuque:** Localizada en las cuencas costeras entre Itata y Biobío, posee una extensión de 2.721,9 hectáreas, representando a la ecorregión del bosque templado de Valdivia. En un 5,7% presenta bosque esclerófilo mediterráneo costero de Litre y Corcolén, y en un 3,3% el bosque caducifolio

<sup>8</sup> Revisado en <http://bdrnap.mma.gob.cl/buscador-rnap/#/busqueda?p=1255>

mediterráneo templado costero de Roble y Queule. No se encuentran estudios ecológicos específicos de este Sitio Prioritario.

- **Isla Quiriquina y Tumbes:** Se conforma de una serie de unidades de territorio donde se distribuye en parches el bosque esclerófilo en la zona norte de la península de Tumbes y en la Isla Quiriquina. Posee en total una superficie de 450,4 hectáreas, en las que el 64,7% se encuentra la formación de bosque esclerófilo mediterráneo costero de Litre y Corcolén. No se encuentran estudios ecológicos específicos de este Sitio Prioritario.
- **Área Marina Tumbes:** Posee una superficie de 385,14 hectáreas y se localiza en la zona media de la costa occidental de la península de Tumbes. Posee un territorio terrestre donde se desarrolla el bosque esclerófilo mediterráneo costero de Litre y Corcolén en un 44% de dicha superficie. No se cuenta con antecedentes sobre la biodiversidad de especies marinas en esta zona.
- **Humedales Sistema Lacustre Intercomunal Concepción:** Se encuentra conformado por una serie de cuerpos lénticos en la zona costera en la provincia de Concepción. Muchos de estos ecosistemas interactúan o se encuentran inmersos en zonas urbanas. Posee una superficie total de 1.951,88 hectáreas, de las cuales el 53% corresponden a la formación de bosque esclerófilo mediterráneo costero de litre y corcolén. Como se comentó anteriormente, estos ecosistemas presentan una alta productividad biológica y cumplen múltiples funciones que permiten la mantención de una elevada biodiversidad, y además presentan una elevada fragilidad producto de la constante expansión urbana. Estudios de Villagrán-Mella et al. (2006) han relacionado sectores en estos ecosistemas que presentan, entre otros, mayor naturalidad, con mayores abundancias de insectos acuáticos, los que son considerados como indicadores de la condición ambiental en ecosistemas acuáticos.

- **Áreas Protegidas de Propiedad Privada (ASPP)**

Según se tiene en el programa Gef-SRAPP 2010/RAPP (MMA, 2010b), las ASPP de la cuenca son las siguientes:

- **Guay Guay:** Área de protección privada de 43 hectáreas localizada en el sector norte de la microcuenca costera entre río Itata y río Pingueral. Pertenece a la Forestal Biobío S.A.
- **Pingueral:** Sector protegido privado de 136 hectáreas localizado en la ribera sur del río Pingueral, a unos 1.500 m de la desembocadura de este cuerpo de agua. Pertenece a Gregorio y Gustavo Yáñez.
- **Veguillas:** Localizado a unos 1.500 m al suroriente de la naciente del estero Dichato en el sistema de microcuencas entre el río Pingueral y río Andalién, posee una superficie de 196 hectáreas. Pertenece a la Forestal Biobío S.A.

- **Esperanza:** Ubicado a unos 4.000 m al suroriente de la naciente del estero Dichato en el sistema de microcuencas entre el río Pingueral y río Andalién, posee una superficie de 138 hectáreas. Se desconoce el dueño de esta área protegida privada.
- **Quebrada Honda 2:** Área de protección privada de 95 hectáreas localizada en la ribera norte del estero Bellavista, en el sistema de microcuencas costeras entre el río Pingueral y río Andalién. Pertenece a Forestal Biobío S.A.
- **Fundo Los Coihues:** sector protegido privado de 173 hectáreas localizado en las zonas de nacientes del estero Bellavista, en el sistema de microcuencas costeras entre el río Pingueral y río Andalién. Se desconoce el dueño de esta área protegida privada.
- **Chosme<sup>9</sup>:** Área de protección privada de 182 hectáreas localizada a unos 3.500 m aguas arriba de la naciente del río Andalién. Pertenece a la ONG y lo administra don Juan Cruz Rodríguez.
- **El Queule:** Sector protegido privado de 233 hectáreas localizado en el límite norponiente del Parque Nacional Nonguén, en la cuenca del río Andalién. Pertenece a Forestal Biobío S.A.
- **Parque Tumbes<sup>10</sup>:** Corresponde a un área privada de 133 hectáreas, donde se localiza un parque urbano de 20 hectáreas que pertenece a la filial Biobío de CODEFF y a la Municipalidad de Talcahuano. Tiene por objeto conservar al bosque esclerófilo costero, que presenta diferentes especies nativas, como el boldo, peumo, maqui y olivillo, y diversos ejemplares de fauna marina de Talcahuano, como el lobo marino, el chungungo, el pingüino de Humboldt y el magallánico, entre otros.

### 2.3.3 Nieves y Glaciares

La cuenca no presenta superficie asociada a nieves ni glaciares.

## 2.4 Infraestructura Hídrica

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

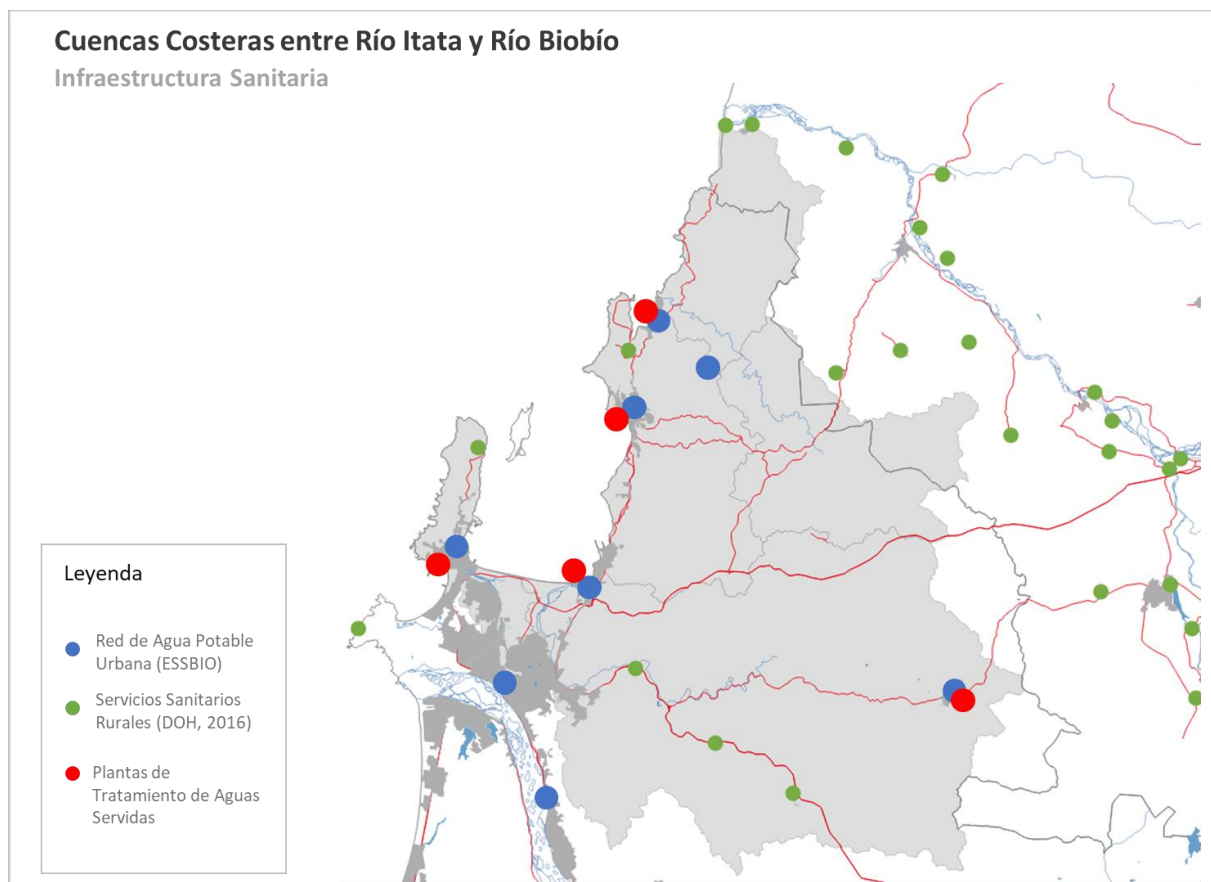
---

<sup>9</sup> Revisado en <http://chosme.cl.tripod.com/>

<sup>10</sup> Revisado en <https://www.codeff.cl/parque-tumbes/>

### 2.4.1 Infraestructura sanitaria

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



Fuente: Elaboración propia

**Figura 2-11. Infraestructura sanitaria**

#### 2.4.1.1 Provisión de agua potable en sectores urbanos

La empresa sanitaria ESSBIO abastece a las localidades de Penco, Talcahuano, Tomé, Dichato, Florida y Concepción.

El Gran Concepción y Talcahuano se abastecen desde la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) de La Mochita, ubicada en la margen derecha del Río Biobío. En la cuenca

del mismo nombre. Desde esta planta se complementa, además, el abastecimiento de la localidad de Chiguayante, y se ha extendido una interconexión hacia la localidad de Tomé. La red se estructura en sistemas, los que se presentan brevemente en la Tabla 2-15.

**Tabla 2-15. Abastecimiento de agua potable en sectores urbanos**

| Sistema                         | Población<br>atendida al<br>2021  | Fuente y caudal máximo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Infraestructura                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Concepción<br>+ Loteo<br>Korach | 270.871 hab<br>191,1<br>l/hab/día | PTAP La Mochita, río Biobío<br><br>Caudal explotación actual: 3.000<br>l/s<br><br>Caudal de producción medio anual<br>(2017): 864,6 l/s                                                                                                                                                                                               | PTAP en la margen derecha del<br>río Biobío, entrega a estanques<br>Agüita de la Perdiz, LA Pólvora,<br>Gleisner, Lo Pequén, Lagos de<br>Chile, Nonguén, Villa Nonguén,<br>Santa Andrea, Santa Sabina,<br>Cerro Chepe, Cerro Lonco,<br>Buena Vista, Lonco Parque y<br>Villuco Alto. |
| Talcahuano                      | 309.246 hab<br>157,2<br>l/hab/día | PTAP La Mochita                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | PTAP en la margen derecha del<br>río, entrega a recinto Chepe,<br>que abastecen a Concepción y<br>Chepe-Talcahuano;<br>Hualpencillo, Higuera, Cerro<br>_Solar, David Fuentes, Cornou,<br>Las Canchas, Centinela y<br>Buena Vista.                                                   |
| Penco –<br>Lirquén              | 51.203 hab<br>156,9<br>l/hab/día  | Compupuy, 26,0 l/s<br><br>Redolmo, 80,0 l/s<br><br>Rojas, 100,0 l/s (15,0 l/s actual)<br><br>San Francisco, 25,0 l/s<br><br>Manquimávida, 6,0 l/s<br><br>Nonguén, max 300,0 l/s<br>(actual=0)<br><br>El Cabrito, 80,0 l/s (actual = 0)<br><br>Lirquén, 20,0 l/s (actual 0)<br><br>Futura interconexión Cerro<br>Caracol (20 a 35 l/s) | Entrega a estanques LA Greda<br>1 y 2, Penco Chico, Nuevo y<br>alto; Montahue, Penco Oriente,<br>Cerro Verde, Vipla, Renacer,<br>Geo Chile, La Huasca y nuevo,<br>y Andrés Bello.                                                                                                   |

| Sistema | Población<br>atendida al<br>2021 | Fuente y caudal máximo                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Infraestructura                                                                                        |
|---------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Florida | 3.765 hab<br>163,9<br>l/hab/día  | Punteras Club de Rodeo 8,0 l/s<br>(3,1 actual)<br><br>Dren el Rodeo, 0,0 l/s<br><br>Noria Fundo Talermo, 4,0 l/s (3,0<br>l/s actual)<br><br>Embalse Tapihue 1 y Tapihue 2,<br>5,0 l/s c/u<br><br>Estero Colepucho, 10,0 l/s                                                                            | Entrega en estanque La Florida                                                                         |
| Tomé    | 47.963 hab<br>142,5<br>l/hab/día | Collén, 100,0 l/s (12,6 l/s enero)<br><br>Las Quilas, 50,0 l/s (6,3 l/s enero)<br><br>Nachur, 100,0 l/s (38,5 l/s enero)<br><br>Los Tilos, 132 l/s 42,0 l/s enero)<br><br>Hinrichsen, 10,0 l/s (0,0 l/s<br>actual)<br><br>Se contempla aumento de<br>capacidad y gestiones de derechos<br>por 80,0 l/s | Entrega en recinto Cerro<br>Estanque, Santiago Osorio, El<br>Santo, Cerro Alegre Alto, Medio<br>y Bajo |

Fuente: Plan de Desarrollo ESSBIO

#### 2.4.1.2 Provisión de agua potable en sectores rurales

Si bien es cierto la zona de estudio no es un área donde se identifiquen grandes obras de riego agrícola, sí se reconocen otras obras o instancias de gestión de recursos hídricos. En la zona de estudio se pudieron identificar 12 sistemas SSR (Tabla 2-16).



**Tabla 2-16. Sistemas de agua potables rurales área estudio**

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

Fuente: DOH, 2021

#### 2.4.1.3 Plantas de tratamiento de aguas servidas

En la Tabla 2-17 se entrega el listado de plantas de tratamiento de aguas servidas en las comunas correspondientes a la cuenca de estudio. La empresa sanitaria es ESSBIO.

**Tabla 2-17. Plantas de tratamiento de aguas servidas**

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

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (2020)



---

#### **2.4.2 Infraestructura hidráulica**

No se identificó en la cuenca obras de captación, acumulación o conducción de agua asociada a proyectos productivos. Tal como lo indica la Figura 2-5, la cuenca de estudio presenta cuerpos de agua del tipo lago, laguna, humedales, aunque no se identifican salares ni grandes embalses. Para verificar lo anterior se revisó el Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos, de la Dirección General de Aguas<sup>11</sup>; y el Inventario Nacional de Humedales del Ministerio del Medio Ambiente<sup>12</sup>.

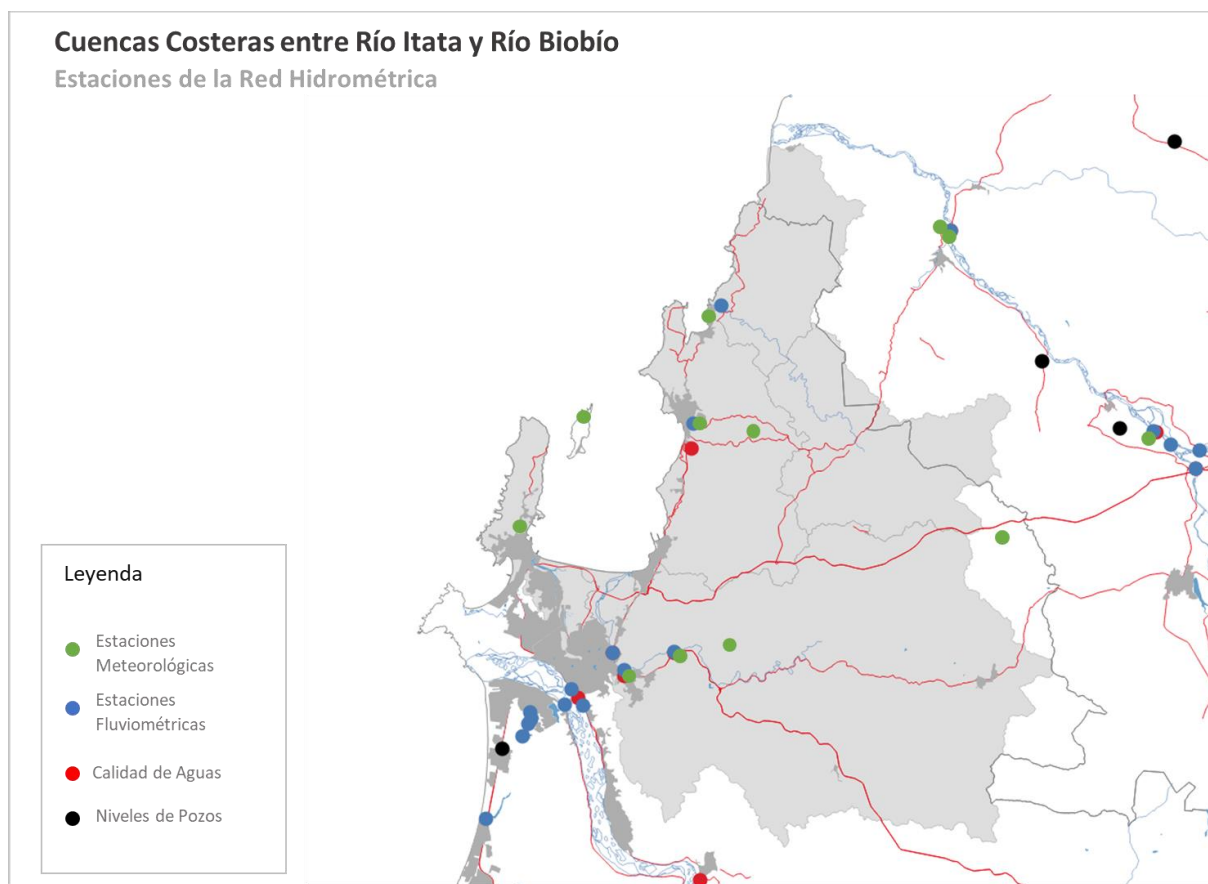
#### **2.4.3 Redes de medición**

Se presentan a continuación las redes de medición pertenecientes a otras instituciones públicas y actores privados, la Red Hidrométrica de la DGA y la Red de Calidad de Aguas.

---

<sup>11</sup> Revisado en [https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/inventario\\_cuencas\\_lagos/Paginas/default.aspx](https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursoshidricos/inventario_cuencas_lagos/Paginas/default.aspx)

<sup>12</sup> Revisado en <https://gis.mma.gob.cl/portal/apps/webappviewer/index.html?id=19ff876d63ed4a53aef1a57e39370474>



Fuente: Elaboración propia a partir de Red Hidrométrica de la DGA

**Figura 2-12. Red Hidrométrica**

### 2.4.3.1 Red Hidrométrica de la Dirección General de Aguas

#### 2.4.3.1.1 Estaciones meteorológicas

Las estaciones meteorológicas de la DGA dentro de la cuenca son 8, y se presentan en la Tabla 2-18.

**Tabla 2-18. Estaciones meteorológicas**

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

Fuente: Elaboración propia en base a BNA (DGA)

#### 2.4.3.1.2 Estaciones fluviométricas

Según la Mapoteca Digital de la DGA<sup>13</sup>, existen 4 estaciones fluviométricas vigentes en la cuenca, las cuales aforan aguas desde el río Andalién y los esteros Nonguen y Bellavista; la información y ubicación de las estaciones se muestra en la Tabla 2-19.

**Tabla 2-19. Estaciones fluviométricas vigentes**

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

Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca Digital DGA

<sup>13</sup> Revisado en <https://dga.mop.gob.cl/estudiospublicaciones/mapoteca/Paginas/Mapoteca-Digital.aspx>

La estación Río Andalién camino a Penco recibe una cuenca que drena una superficie de aproximadamente 775 km<sup>2</sup>, que corresponde a una planicie costera que descarga sus aguas hacia la bahía de Concepción. Ésta es la estación que posee el registro más completo y está vigente desde el año 1979. Para esta estación se han calculado los caudales medios mensuales considerando un periodo de registro de 30 años (Tabla 2-19).

#### 2.4.3.1.3 Niveles de pozos

No se identificó estaciones de niveles de pozos dentro del Banco Nacional de Aguas.

#### 2.4.3.2 Estaciones de Calidad de Aguas

Se identificó 5 estaciones de calidad de aguas vigentes, así como 3 Servicios Sanitarios Rurales donde se hace seguimiento adicional (Tabla 2-20).

**Tabla 2-20. Estaciones de Calidad de Agua**

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

Fuente: Elaboración propia en base a Mapoteca Digital DGA

#### 2.4.3.3 Otras Redes de medición

Se identificó otras tres estaciones meteorológicas en la cuenca.

- La Dirección Meteorológica de Chile administra la estación sinóptica Aeronáutica (Cod. 360019) en el aeropuerto de Carriel Sur.
- El Centro de Datos Oceanográficos y Meteorológicos (CDOM) posee una estación meteorológica en Dichato.

- 
- El Sistema de Información Nacional de Calidad del Aire (SINCA) dispone de la estación meteorológica Talcahuano MESTMAST 2, de propiedad del Centro de Ciencias Ambientales, EULA.

## **2.5 Nuevas fuentes de agua**

El uso creciente de los recursos hídricos producto de una mayor demanda poblacional, por las actividades productivas, al mismo tiempo que se dispone de una oferta decreciente producto de una explotación de las aguas por sobre la disponibilidad real, resulta en una necesidad constante por acceder a nuevas fuentes de agua que permitan reducir el riesgo de abastecimiento y contribuir a la seguridad hídrica de las personas, de los ecosistemas y de las actividades productivas. A continuación, se evalúa la posibilidad de acceder a nuevas fuentes de agua en esta cuenca, como pueden ser acuíferos y su recarga, la desalinización, reutilización de aguas y neblinas costeras.

### **2.5.1 Acuíferos**

Para definir nuevas fuentes de agua es necesario tener un conocimiento acabado de la hidrogeología de la zona. Dado que para ello se requiere contar con la información levantada en campañas en terreno (estudios de gravimetría, prospección TEM, hidro química e isotopía), se definirán las nuevas fuentes de agua una vez que estas campañas sean llevadas a cabo y se logre tener aquel conocimiento acabado del sistema hidrogeológico.

De acuerdo con DGA (2019), para la zona de estudio el único acuífero de interés hidrogeológico es el de Talcahuano. Es un acuífero detrítico, con comportamiento libre, muy ligado a las descargas 59 subterráneas hacia el mar y relacionado a los ríos Andalién y Biobío, sumando que presenta un régimen prácticamente natural sin afección por bombeos.

En esta cuenca las formaciones permeables son de origen sedimentario, que descansan sobre el basamento metamórfico e intrusivo.

### **2.5.2 Trasvases**

En la actualidad, el consumo de agua de la ciudad de Concepción se abastece principalmente desde un trasvase de aguas tratadas desde el río Biobío (Planta de Tratamiento de Agua Potable de La Mochita), mientras que se trasvasan aguas desde el río Itata para dar seguridad a la localidad de Florida. Este trasvase se encuentra operativo desde enero de 2022.

---

En este sentido, los trasvases ya forman parte del abastecimiento de la cuenca, y bien podrían extenderse para dar seguridad al borde costero u otras localidades interiores.

### **2.5.3 Desalinización**

La desalinización de agua de mar es una fuente potencial para la cuenca, toda vez que cuenta con un amplio borde costero. En la cuenca no se identificaron plantas desaladoras, así como tampoco proyectos que se encuentren en su etapa de planificación.

### **2.5.4 Uso de Aguas Servidas Tratadas (Reutilización)**

Esta técnica consiste en usar el efluente de un proceso en otro que requiere una calidad de agua diferente, generalmente menor. Para lo anterior es necesario determinar la calidad de agua que requiere cada proceso, identificar qué efluentes podrían utilizarse y definir cuál será el tratamiento mínimo requerido para que la calidad sea el estándar necesario en dicho proceso. Además, se deberán conocer los mecanismos necesarios para transportar el líquido.

En relación con la eficiencia del uso del agua en los asentamientos humanos identificados en la cuenca, y dada la inexistencia de sistemas de recolección de aguas grises, no existe en estos momentos la capacidad de reutilizar aguas previamente utilizadas por sistemas industriales o domiciliarios.

## **2.6 Gobernanza del Agua a Nivel de Cuenca**

La Gobernanza del agua hace alusión al conjunto de actores, reguladores, usuarios o beneficiarios que interactúan en torno al recurso hídrico, y que en conjunto dan forma a un conjunto de normas o acuerdos, explícitos e implícitos, para la gestión del recurso.

En lo principal, se pueden distinguir actores públicos y privados. Los primeros corresponden a los organismos del Estado con facultad normativa, fiscalizadora, de estudio, planificación y fomento sobre las aguas y los usuarios. Los actores privados corresponden principalmente a titulares o beneficiarios directos de un derecho de aprovechamiento de agua consuntivo o no consuntivo, superficial o subterránea (Comités de APR, dueños de pozos) y por último, a los representantes de la sociedad civil, en estos actores se encuentran los dirigentes de organizaciones territoriales y funcionales, formales e informales, de grupos de ciudadanos afectados o beneficiados, directa o indirectamente. Además, en este grupo de actores se encuentran aquellas instituciones que poseen conocimiento específico sobre el tema que está trabajando, por ejemplo, universidades, centros de investigación, fundaciones y ONGs.

En la cuenca en estudio no existen organizaciones de usuarios de aguas, lo que conlleva a que la atención organizacional se derive a otra tipología de actores. En los siguientes

apartados se hace una revisión detallada de los actores identificados, sus relaciones y un análisis de brechas relativo a la coordinación y uso del recurso.

### 2.6.1 Agentes

A continuación, se señalan los actores identificados en el área de estudio, actores relevantes para la seguridad hídrica de las personas, de los ecosistemas y del desarrollo productivo.

**Tabla 2-21. Actores del Gobierno Central y Ejes Estratégicos asociados**

| Ministerio o dependencia                    | Institución                                       | PER | ECO | PRO | EXT |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Presidencia de la República                 | Delegado Presidencial Regional                    | X   | X   | X   | X   |
|                                             | Delegado Presidencial Provincia de Concepción     | X   | X   | X   | X   |
| Ministerio del Interior y Seguridad Pública | Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE)    | X   |     | X   | X   |
|                                             | Oficina Nacional de Emergencias (ONEMI)           |     |     |     | X   |
| Ministerio de Obras Públicas                | Dirección General de Obras Públicas (DGOP)        |     |     | X   | X   |
|                                             | Dirección Regional de Obras Hidráulicas (DOH)     |     |     |     |     |
|                                             | Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales      | X   |     |     |     |
|                                             | Dirección de Obras Portuarias (DOP)               |     |     | X   |     |
|                                             | Dirección General de Aguas (DGA)                  | X   | X   | X   | X   |
|                                             | Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)   | X   |     |     |     |
| Ministerio de Medio Ambiente                | Secretarías Regionales Ministeriales (Seremi)     | X   | X   | X   | X   |
|                                             | Seremi de Medio Ambiente                          |     | X   | X   |     |
|                                             | Dirección Regional                                |     | X   | X   |     |
|                                             | Servicio de Evaluación de Impacto Ambiental (SEA) |     | X   | X   |     |



| Ministerio o dependencia                  | Institución                                          | PER | ECO | PRO | EXT |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                                           | Proyecto GEF Humedales Costeros                      |     | X   |     |     |
| Ministerio de Agricultura                 | Servicio Agrícola y Ganadero (SAG)                   |     |     | X   |     |
|                                           | Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)         |     |     | X   |     |
|                                           | Comisión Nacional de Riego (CNR)                     |     |     | X   |     |
|                                           | Corporación Nacional Forestal (CONAF)                |     |     | X   |     |
|                                           |                                                      |     |     | X   |     |
|                                           | Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)    |     |     | X   |     |
|                                           | Instituto Forestal (INFOR)                           |     |     | X   |     |
| Ministerio de Economía                    | Seremi de Economía, Fomento y Turismo                |     |     | X   |     |
|                                           |                                                      |     |     |     |     |
|                                           | Corporación de Fomento (CORFO)                       |     |     | X   |     |
|                                           |                                                      |     |     | X   |     |
| Ministerio de Minería                     | Servicio Nacional de Geología y Minería, SERNAGEOMIN |     |     | X   |     |
|                                           |                                                      |     |     |     |     |
| Ministerio de Desarrollo social y Familia | Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) | X   |     |     |     |
| Ministerio de Vivienda y Urbanismo        |                                                      | X   |     |     |     |
| Ministerio de Bienes Nacionales           |                                                      | X   | X   |     |     |
| Interministerial                          | Comisión Regional Uso Borde Costero Biobío           | X   | X   | X   | X   |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2-22. Actores del Gobierno Local**

| Nivel                                                                             | Institución                                                                                              | PER | ECO | PRO | EXT |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| Regional                                                                          | Gobierno Regional del Biobío                                                                             | X   | X   | X   | X   |
|                                                                                   | Consejo Regional de Biobío                                                                               | X   | X   | X   | X   |
| Comunal                                                                           | Municipalidades de Concepción, Talcahuano, Florida, Tomé, Penco, Hualpén, Chiguayante, Hualqui y Coelemu | X   | X   | X   | X   |
| Comunas de Concepción, Chiguayante y Hualqui                                      | Asociación de Municipalidades por la preservación de biodiversidad Nonguén                               | X   | X   |     |     |
| Comunas de Concepción, San Pedro de la Paz, Talcahuano, Hualpén, Penco y Coronel. | Mesa de Humedales del Gran Concepción                                                                    |     | X   |     |     |
| Comunas de Talcahuano, Penco, Hualpén y Concepción                                | Comité Técnico Local Humedal Rocuant-Andalién Biobío                                                     |     | X   |     |     |
| Regional                                                                          | Asociación de Municipalidades región Biobío                                                              | X   | X   | X   | X   |

Fuente: Elaboración propia

En el caso de los actores privados, se identificaron las empresas privadas, empresas agrícolas, comercio en general, y las empresas de turismo. A continuación, la Tabla 2-23 señala el alcance de sus acciones y/o funciones.

**Tabla 2-23. Actores privados y Usuarios de Agua**

| Actor                                  | Alcance  | PER | ECO | PRO | EXT |
|----------------------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|
| ESSBIO Servicios Sanitarios del Biobío | Regional | X   | X   | X   | X   |
| SSR Puente 5                           | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Lotato                             | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Andalién                           | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Chaimávida Soto                    | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Villa Juan Riquelme Garay          | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Copiulemu                          | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Ráhuil (en formación)              | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Caleta Tumbes                      | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Coliumo Tomé                       | Local    | X   |     |     |     |
| SSR San Carlitos (en formación)        | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Perales                            | Local    | X   |     |     |     |
| SSR Vegas Itata                        | Local    | X   |     |     |     |

| Actor                                                                     | Alcance  | PER      | ECO | PRO      | EXT |
|---------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-----|----------|-----|
| SSR Purema                                                                | Local    | <b>X</b> |     |          |     |
| SSR Villa Sayén de Copiulemu                                              | Local    | <b>X</b> |     |          |     |
| SSR Tapihue                                                               | Local    | <b>X</b> |     |          |     |
| SSR Pissis                                                                | Local    | <b>X</b> |     |          |     |
| Corporación Regional de Desarrollo Biobío -<br>Desarrolla Biobío          | Regional |          |     | <b>X</b> |     |
| Forestal Arauco                                                           | Regional |          |     | <b>X</b> |     |
| CMPC                                                                      | Regional |          |     | <b>X</b> |     |
| Cementos Biobío                                                           | Regional |          |     | <b>X</b> |     |
| GNL Talcahuano Terminal Marítimo                                          | Local    |          |     | <b>X</b> |     |
| Puerto Lirquén                                                            | Local    |          |     | <b>X</b> |     |
| Puertos de Talcahuano                                                     | Local    |          |     | <b>X</b> |     |
| Oficina Desarrollo Empresarial Bio Bío                                    | Regional |          |     |          |     |
| Federación de Cámaras de Comercio y Turismo<br>región del Biobío FECOMTUR | Regional |          |     |          |     |
| Cámara Chilena de la Construcción Concepción                              | Regional |          |     |          |     |
| Empresa Portuaria Talcahuano San Vicente                                  | Regional |          |     |          |     |
| Asociación gremial CORMA Biobío-Ñuble                                     | Regional |          |     |          |     |
| Asociación de Industriales Pesqueros ASIPEs                               | Regional |          |     | <b>X</b> |     |
| Agrupación de Organizaciones Productivas del<br>Biobío -AGOP              | Regional | <b>X</b> |     |          |     |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en el último eje de actores, están las organizaciones de la sociedad civil. A continuación, la Tabla 2-24, muestra el alcance de sus acciones y/o funciones y una breve descripción.

**Tabla 2-24. Actores de la Sociedad Civil**

| Actor                                                                                                     | Escala        | PER | ECO | PRO | EXT |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|
| Universidad de Concepción (UDEEC)                                                                         | Regional      | X   | X   | X   | X   |
| Universidad Católica de la Santísima Concepción                                                           | Regional      | X   | X   | X   | X   |
| Universidad Santo Tomás                                                                                   | Provincial    | X   | X   | X   | X   |
| Centro de Ciencias Ambientales EULA                                                                       | Regional      |     | X   | X   | X   |
| Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (CRHIAM)                                     | Provincial    |     | X   | X   | X   |
| Centro Regional de Estudios Ambientales UCSC de la Universidad Católica de la Santísima Concepción (CREA) | Local         | X   | X   | X   | X   |
| Fundación Manzana Verde                                                                                   | Regional      |     | X   |     |     |
| Asociación de Desarrollo Territorial Sostenible Quillón Ránquil Florida ADTS                              | Local         |     | X   | X   |     |
| ONG Peuma Florida                                                                                         | Local         |     | X   |     |     |
| Centro Legal de Defensores del Medio Ambiente                                                             | Internacional |     | X   |     |     |
| Humedal Vasco de Gama                                                                                     | Local         |     | X   |     |     |
| Consejo Comunal de Organizaciones de la Sociedad Civil COSOC                                              | Regional      |     | X   |     |     |
| ONG Defensa Ambiental                                                                                     | Regional      |     | X   |     |     |
| CODEFF Biobío                                                                                             | Regional      |     | X   |     |     |
| Conciencia Sur mujeres de Ciencia                                                                         | Regional      |     | X   |     |     |
| Red de humedales del Biobío                                                                               | Regional      |     | X   |     |     |
| ONG de Conservación Winkul-Lafquén                                                                        | Local         |     | X   |     |     |
| Movimiento Salvemos al río Andalién                                                                       | Local         |     | X   |     |     |
| Asociación Gremial de Turismo y Cultura de las regiones de Biobío y Ñuble                                 | Regional      |     |     | X   |     |
| Federación Regional de Pescadores Artesanales de la región del Biobío                                     | Regional      |     |     | X   |     |

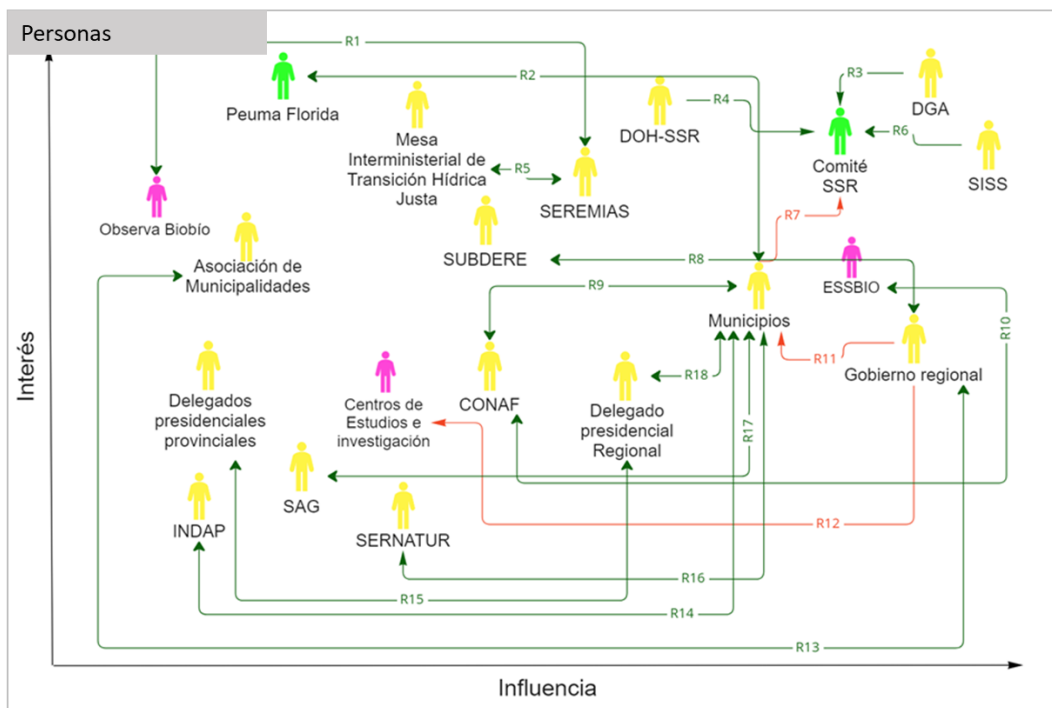
Fuente: Elaboración propia

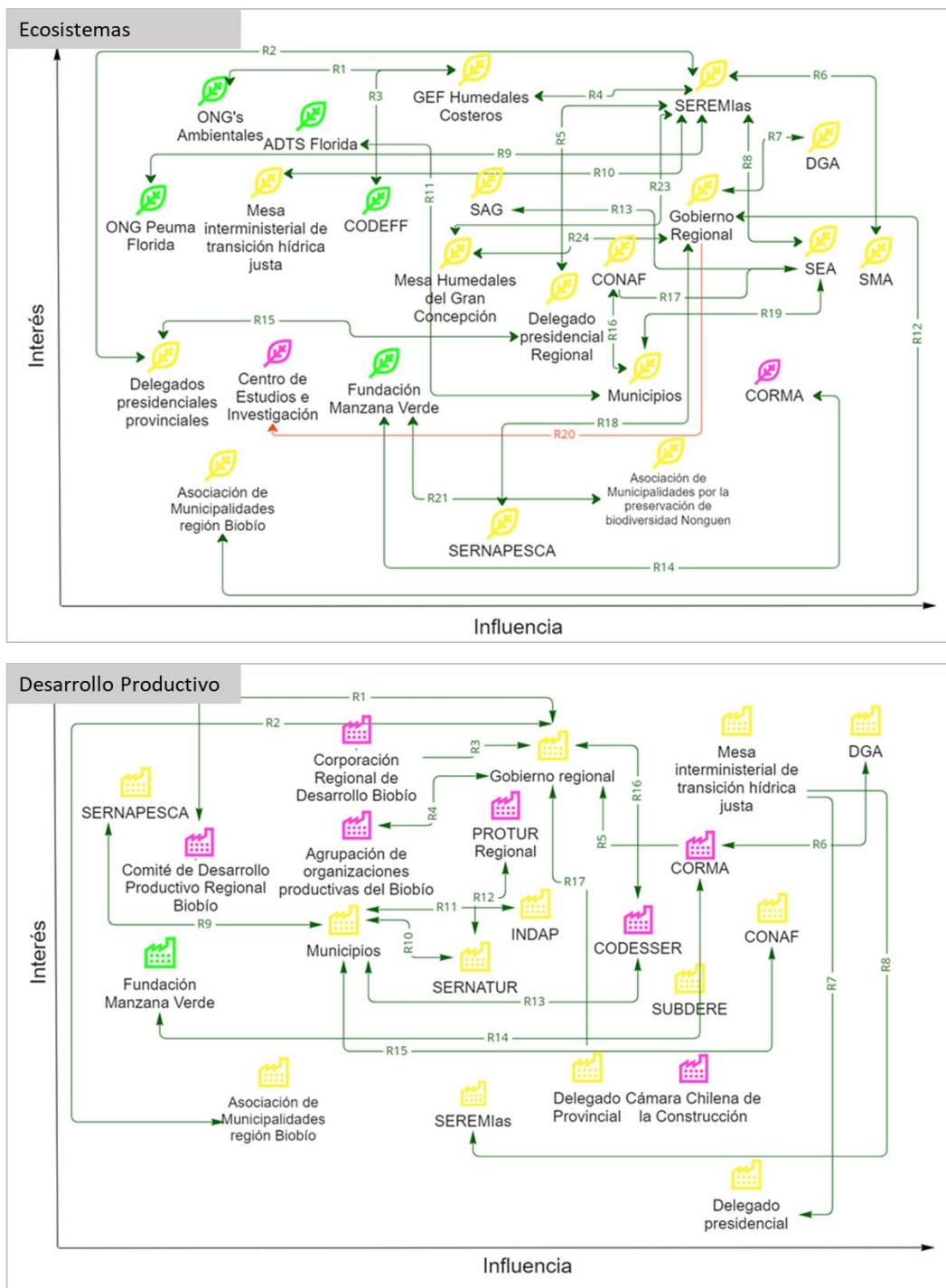
### 2.6.1.1 Relación Interés- Influencia. Mapa de Actores

A continuación, se clasifican los actores a través de una matriz de interés e influencia sobre la gestión del agua en el territorio.

El interés se conceptualizó como la disposición, proactividad y contribución que tiene cada actor respecto a acciones dentro del territorio, que promueva la organización de ésta y genera espacio de participación en la toma de decisiones. Por otro lado, la influencia hace alusión a la ponderación entre la legitimidad o representatividad del actor frente a la comunidad y a la contribución que hace a esta. Cabe mencionar que el proceso de identificación de los niveles de interés e influencia es subjetivo, ya que corresponde a la interpretación del equipo de trabajo de la información obtenida de distintas fuentes del territorio.

Relación de Interés e Influencia entre Actores





| Relación con la seguridad hídrica                                                 |                                      | Tipo de actor                                                                     |                                     | Tipo de relación                                                                    |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|  | Seguridad Hídrica para las Personas  |  | Público                             |  | Material   |
|  | Seguridad Hídrica para Ecosistemas   |  | Privado                             |  | Gestión    |
|  | Seguridad Hídrica para la producción |  | Organizaciones de la sociedad civil |  | Financiera |

Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 2-3. Relaciones entre actores por eje estratégico

#### 2.6.1.2 Comunicación y Relación entre Actores

El mapa de actores refleja el conjunto de entidades, públicas, privadas o ciudadanas, que participan de los distintos aspectos que se relacionan con el ciclo hidrológico, tanto a nivel político, regulatorio, fiscalizador, como de manejo y gestión, usos directos, indirectos, estudios, etc. El mapa de actores contiene los siguientes elementos:

- Relaciona al tipo de actor en 3 ejes de seguridad hídrica: Personas, ecosistemas y productivas,
- Identifica al tipo de actor (público, privado, organización de la sociedad civil),
- Se basa en la matriz de interés e influencia para ubicar espacialmente a los actores,
- Contiene relación establecida entre los actores, indicando la direccionalidad (mediante flechas), intensidad (grosor de la línea), y elementos principales que la componen (mediante colores, para identificar si es una relación a nivel material (agua u otro recurso), de gestión (permisos, información), o bien financiera). Las relaciones fueron identificadas a través de códigos para facilitar el análisis.

Las tablas siguientes describen cada una de las relaciones identificadas en los gráficos del capítulo anterior. Éstas son las relaciones entre actores de la cuenca identificadas, información obtenida en las entrevistas y reuniones y del ciclo de talleres de SH para la identificación de problemas, sostenidas hasta ahora con algunos de estos actores.

**Tabla 2-25. Relaciones identificadas para el eje Personas**

| Código | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R1     | Observa Biobío analiza las políticas regionales ejecutadas por las SEREMÍas.                                                                                                                                                                                                 |
| R2     | Colaboración para la ejecución de actividades de Peuma Florida                                                                                                                                                                                                               |
| R3     | La DGA otorga los derechos de aprovechamiento de agua a los Comités y Cooperativas SSR                                                                                                                                                                                       |
| R4     | La Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales dependiente de la Dirección de Obras Hidráulicas, realiza asesoría a la administración y operación de los comités de servicios sanitarios rurales.                                                                           |
| R5     | Existe una coordinación del Comité Interministerial con las SEREMÍas de Agricultura, Ciencias, Economía, Energía y Agricultura, encabezado por Medio Ambiente para abordar situación de escasez hídrica regional.                                                            |
| R6     | La SISS fiscaliza el funcionamiento de los comités y cooperativas de SSR o SSR.                                                                                                                                                                                              |
| R7     | Los Municipios reciben las necesidades de falta de agua de parte de las organizaciones territoriales y existe una coordinación con los Comités de SSR para nuevos arranques a la población rural.                                                                            |
| R8     | La SUBDERE impulsa y conduce las reformas institucionales en materia de descentralización, que contribuyan a una efectiva transferencia de atribuciones y responsabilidades en el ámbito político, económico y administrativo a los gobiernos regionales y a los municipios. |
| R9     | Conaf trabaja con funcionarios públicos de municipios en planes de capacitación, prevención de incendios forestales, reforestación, educación y protección de áreas naturales y ecosistemas.                                                                                 |
| R10    | Essbio provee de agua potable a comunas que obtiene de la Reserva Nacional Nonguén, reserva cargo de Conaf.                                                                                                                                                                  |
| R11    | Gobierno Regional financia iniciativas municipales locales enmarcadas en la gestión hídrica para la población, destina recursos a los municipios para el abastecimiento de agua a través de camiones aljibe.                                                                 |
| R12    | Centros de estudio e investigación obtienen recursos desde el Gobierno Regional a través de fondos concursables.                                                                                                                                                             |
| R13    | Asociación de municipalidades transmite las necesidades y preocupaciones locales al Gobierno Regional.                                                                                                                                                                       |
| R14    | INDAP y municipios establecen convenios para la ejecución de programas que promuevan el desarrollo económico, social y tecnológico de pequeños productores agrícolas y campesinos.                                                                                           |
| R15    | La DGA otorga los derechos de aprovechamiento de agua a los SSR                                                                                                                                                                                                              |
| R16    | El gobierno regional destina recursos a proyectos y/o programas a los centros de estudio e investigación aplicada.                                                                                                                                                           |
| R17    | La red ofrece una divulgación y/o difusión de eventos que afecten negativamente a los humedales y medio ambiente.                                                                                                                                                            |
| R18    | Delegados formula medidas y programas para enfrentar la sequía y apoyan en las emergencias de abastecimiento de agua para la población a través de los municipios.                                                                                                           |

Fuente: Elaboración propia.



**Tabla 2-26. Relaciones identificadas para el eje Ecosistemas**

| Código | Descripción                                                                                                                                                                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R1     | Las ONG'S participan de actividades del proyecto GEF Humedales costeros                                                                                                                                           |
| R2     | Delegados presentan medidas y programas para enfrentar la sequía y apoyan en las emergencias de abastecimiento de agua para la población en coordinación con las Seremis en competencia.                          |
| R3     | CODEFF participa de las actividades del proyecto GEF Humedales Costeros                                                                                                                                           |
| R4     | El comité técnico local de GEF Humedales es dirigido por la SEREMI de Medio Ambiente, actuando como secretaria técnica.                                                                                           |
| R5     | Delegados presentan medidas y programas para enfrentar la sequía y apoyan en las emergencias de abastecimiento de agua para la población en coordinación con las Seremis en competencia.                          |
| R6     | SMA y SEREMI de Medio Ambiente se coordinan para fiscalizar actividades productivas.                                                                                                                              |
| R7     | Lograr la actualización del catastro de usuarios de aguas superficiales y subterráneas, capacitación y en tomar medidas para enfrentar situación de escasez hídrica en la región.                                 |
| R8     | SEA y SEREMÍas colaboran en la evaluación ambiental de proyectos de inversión.                                                                                                                                    |
| R9     | La ONG postula a fondos concursables que ofrecen las Seremis como el FPA de la Seremi del Medio Ambiente.                                                                                                         |
| R10    | Existe una coordinación del Comité Interministerial con las SEREMÍas de Agricultura, Ciencias, Economía, Energía y Agricultura, encabezado por Medio Ambiente para abordar situación de escasez hídrica regional. |
| R11    | La Asociación de Desarrollo Territorial Sostenible (ADTS) transmite inquietudes y necesidades a los municipios respecto de la gestión y uso del agua potable y para riego y su impacto en el medio ambiente.      |
| R12    | Colaboración en ejecución de proyectos de restauración de ecosistemas en la cuenca.                                                                                                                               |
| R13    | SAG evalúa sectorialmente los proyectos en evaluación ambiental                                                                                                                                                   |
| R14    | La Fundación y CORMA trabajan en conjunto, a partir de la invitación hecha para este Plan Estratégico con el equipo de la Consultora Hidrogestión.                                                                |
| R15    | Coordinación política y delegación de atribuciones desde el delegado regional al delegado provincial.                                                                                                             |
| R16    | Conaf trabaja con funcionarios públicos de municipios en planes de capacitación, prevención de incendios forestales, reforestación, educación y protección de áreas naturales y ecosistemas.                      |
| R17    | Conaf evalúa sectorialmente los proyectos en evaluación ambiental.                                                                                                                                                |
| R18    | Coordinación entre actores para la consecución de objetivos en común.                                                                                                                                             |
| R19    | El Sea dota a los municipios de herramientas que mejoren la evaluación ambiental de proyectos ambientales que se evalúen en sus territorios.                                                                      |
| R20    | Centros de estudios e investigación obtienen recursos del Gobierno Regional a través de fondos concursables.                                                                                                      |
| R21    | La Fundación forma parte como integrante y en la mesa de trabajo de la Asociación.                                                                                                                                |
| R23    | La Mesa trabaja en coordinación con la Seremi del Medio Ambiente                                                                                                                                                  |
| R24    | La Mesa trabaja en coordinación con el gobierno regional.                                                                                                                                                         |

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 2-27. Relaciones identificadas eje Desarrollo Productivo**

| Código | Descripción                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| R1     | Los Comités de Desarrollo Productivo Regional cumplen la función de ejecutar políticas de fomento productivo a nivel regional en base a los objetivos, lineamientos estratégicos, priorizaciones y procesos de asignación determinados por los Gobiernos Regionales. |
| R2     | Asociación de municipalidades transmite las necesidades y preocupaciones locales al Gobierno Regional.                                                                                                                                                               |
| R3     | Gobierno Regional forma parte de la Corporación Regional de Desarrollo Biobío, en calidad de socio.                                                                                                                                                                  |
| R4     | La entidad aporta al desarrollo económico local y generar instancias de diálogo local, aportar estudios técnicos para la región.                                                                                                                                     |
| R5     | Coordinación a través de agenda de colaboración en temáticas de producción, desarrollo y calidad de vida.                                                                                                                                                            |
| R6     | La DGA, Fundación Manzana Verde y CORMA trabajan en conjunto, a partir de la invitación hecha para este Plan Estratégico con el equipo de la Consultora Hidrogestión.                                                                                                |
| R7     | Colaboración entre actores para lograr el desarrollo de sus atribuciones y competencias.                                                                                                                                                                             |
| R8     | Existe una coordinación del Comité Interministerial con las SEREMÍAs de Agricultura, Ciencias, Economía, Energía y Agricultura, encabezado por Medio Ambiente para abordar situación de escasez hídrica regional.                                                    |
| R9     | Sernapesca trabaja con funcionarios públicos de municipios en planes de capacitación, agilizar trámites.                                                                                                                                                             |
| R10    | Coordinación entre municipios y SERNATUR para la promoción del turismo local.                                                                                                                                                                                        |
| R11    | INDAP y municipios establecen convenios para la ejecución de programas que promuevan el desarrollo económico, social y tecnológico de pequeños productores agrícolas y campesinos.                                                                                   |
| R12    | Colaboración en el fomento del turismo local en la región del Biobío.                                                                                                                                                                                                |
| R13    | Establecen acuerdos para fortalecer y potenciar proyectos de emprendimientos locales.                                                                                                                                                                                |
| R14    | La DGA, Fundación Manzana Verde y CORMA trabajan en conjunto, a partir de la invitación hecha para este Plan Estratégico con el equipo de la Consultora Hidrogestión.                                                                                                |
| R15    | Conaf trabaja con funcionarios de medio ambiente de municipios en planes de manejo de bosque, arborización, y con especial énfasis, en el creciente mercado de las parcelaciones, dado el impacto en los recursos vegetacionales.                                    |

Fuente: Elaboración propia.

## 2.6.2 Brechas de Coordinación e Información

### 2.6.2.1 Brechas de coordinación

Con base en los antecedentes entregados en el apartado anterior, derivado también del trabajo de profundización social desarrollado, se analizan las brechas de información y de coordinación identificadas en la cuenca, indicando la relación entre actores, definiendo cuales son deficitarias y revisando opciones de mejoras.

Las brechas se describieron a nivel de diferencia entre una situación deseada y la situación actual, según se muestra en la Tabla 2-28.

**Tabla 2-28. Brechas de coordinación**

| Tema                            | Situación deseada                                                                                                                                                        | Situación Actual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Brecha                                                                                                                             | ID       |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Resolución de problemas SSR     | Existe una coordinación entre gobiernos locales (municipios) y servicios públicos regionales (DOH SSR) que permite abordar en forma planificada el desarrollo de los SSR | Existen problemas en la coordinación entre municipios y DOH SSR, por lo que los municipios acuden a la gobernación para soluciones (recursos camiones aljibe).                                                                                                                                                                     | Faltan mecanismos de coordinación efectivos para que municipios y DOH SSR aborden la expansión de los SSR con medidas definitivas. | BCOORD 1 |
| Desarrollo territorial (loteos) | El desarrollo de nuevas zonas habitadas en sectores rurales se encuentra claramente definido en normativas nacionales e instrumentos de planificación territorial        | Existe una oferta no controlada de parcelaciones, muchas de las cuales se encuentran al margen de la ley, o bien en vacíos de esta. Así mismo, no se dispone de instrumentos de ordenamiento del territorio rural.<br><br>Como resultado, esta gran oferta de parcelaciones produce un impacto en el aumento de la demanda de agua | Faltan mecanismos de fiscalización y control                                                                                       | BCOORD 2 |

| Tema                                                             | Situación deseada                                                                                                                                                    | Situación Actual                                                                                                                                                                                     | Brecha                                                                              | ID       |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Desarrollo territorial (protección de humedales)                 | Existe un ordenamiento del territorio y normativas                                                                                                                   | Zonas de alto valor ecosistémico son ocupadas por proyectos de parcelación, lo que sumado al cambio de uso de suelo genera problemas de descarga de aguas grises a los cursos de aguas de humedales. | Control y aplicación de normativas                                                  | BCOORD 3 |
| Aplicación del PROT                                              | Instrumento que permite responder a demandas ciudadanas a partir de las realidades locales.                                                                          | PROT aprobado en 2018 no ha sido implementado por la discontinuidad de la etapa de Evaluación Ambiental Estratégica.                                                                                 | Falta dar continuidad a la etapa de evaluación del instrumento y su financiamiento. | BCOORD 4 |
| Plan de respuesta ante riesgos por eventos extremos y climáticos | Comunidades rurales y urbanas cuentan con un plan para la gestión del riesgo de desastres y gobiernos locales cuentan con estrategias para reducir su vulnerabilidad | Hay un alto nivel de vulnerabilidad de comunidades rurales y urbanas para hacer frente a la ocurrencia de eventos extremos y asegurar su acceso a agua potable o agua de fuentes de buena calidad.   | Falta de gestión del riesgo de desastres ante eventos extremos                      | BCOORD 5 |
| Rol de mujeres en comités de SSR                                 | Mujeres a cargo de comités de SSR resuelven problemas, conflictos, toman decisiones para gestionar la entrega de agua a los usuarios.                                | La participación de la mujer en la toma de decisiones es deficitaria.                                                                                                                                | Visibilizar su rol capacitar y remunerar el servicio.                               | BCOORD 6 |

Fuente: Elaboración propia

### 2.6.2.2 Brechas de información

La información es un insumo relevante para la toma de decisiones, así como el seguimiento de los resultados de estas. Intentamos responder a la pregunta: ¿Qué factores limitan una mejor toma de decisiones? A continuación, se presentan las brechas de información identificadas en el territorio, a partir de la diferencia entre la situación deseada y la situación actual, como se muestra en la Tabla 2-29.

**Tabla 2-29. Brechas de Información**

| Tema                                    | Situación deseada                                                                                                                                                                                   | Situación Real                                                                                                                                                                                                | Brecha                                                                        | ID     |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Nuevos pozos                            | Todos los pozos ejecutados en el territorio son informados a la autoridad (DGA)                                                                                                                     | No se informan los pozos                                                                                                                                                                                      | Existe un número no identificado de pozos en la cuenca                        | BINF 1 |
| Población en asentamientos no regulares | Se dispone de un catastro de habitantes permanentes o eventuales dentro de todos los asentamientos                                                                                                  | La dinámica e informalidad del desarrollo de los nuevos asentamientos no permite dimensionar la cantidad de personas, ni si son de carácter permanentes o eventuales                                          | Existe un desarrollo no controlado de los asentamientos rurales               | BINF 2 |
| Información derechos de aguas           | Existe información actualizada de la inscripción de derechos de agua y de agua disponible de acuíferos                                                                                              | No existe una relación fluida entre la DGA, CBR y notarías para contar con información de transacciones de derechos de aguas                                                                                  | El rol informativo no se cumple entre las instituciones                       | BINF 3 |
| Modificaciones al Código de Aguas       | La ciudadanía, y particularmente los usuarios, cuentan con plena información sobre las modificaciones al CdA y conocen las acciones a seguir para mantener sus derechos de aprovechamiento de agua. | Existe un desconocimiento general por parte de los usuarios respecto de las modificaciones al CdA, así como de las acciones requeridas, los plazos asociados, y las consecuencias de no atenderse al proceso. | Faltan mecanismos de comunicación para las modificaciones al Código de Aguas. | BINF 4 |

Fuente: Elaboración propia

### 3 DEMANDA FÍSICA Y LEGAL

#### 3.1 Demanda para Uso Humano

La demanda para consumo humano está definida por el abastecimiento a todos los habitantes de las costeras e islas entre los ríos Itata y Biobío ya sea por una empresa sanitaria, un SSR o una solución individual. Como se ha indicado en la sección 2.4. Infraestructura Hídrica, la empresa sanitaria ESSBIO abastece a las localidades de **Penco**,

**Talcahuano, Tomé, Dichato, Florida, Concepción.** Sin embargo, las localidades de Concepción (incluyendo Loteo Korach), Talcahuano **se abastecen de fuentes externas** a las cuencas de estudio. Por otra parte, el sector rural es abastecido principalmente por 12 SSR.

En el Anexo F1 Aspectos Metodológicos (sección 2.1 y 2.2) se presenta la metodología para la estimación de la demanda para consumo humano actual, histórica y proyectada.

### 3.1.1 Demanda actual

En las costeras e islas entre los ríos Itata y Biobío la demanda actual para el consumo humano en el sector urbano es de 31,72 hm<sup>3</sup>/año con una producción de **46,64 hm<sup>3</sup>/año** (demanda bruta), según datos del año 2021 (SISS, 2021). En el sector rural, el consumo es igual a 0,44 hm<sup>3</sup>/año, con una producción igual a **0,55 hm<sup>3</sup>/año** según datos ofrecidos por DOH (2021).

Las Tabla 3-1 y Tabla 3-2 presentan la demanda para consumo humano en sectores rurales y urbanos respectivamente.

**Tabla 3-1. Demanda para consumo humano por SSR. Periodo actual (año 2021)**

| ID | SSR                         | Nº de Personas<br>abastecidas | Consumo<br>hm <sup>3</sup> /año | Producción<br>hm <sup>3</sup> /año | Fuente      |
|----|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------|
| 01 | Puente 5                    | 341                           | 0,015                           | 0,019                              | Superficial |
| 02 | Lotato                      | 115                           | 0,005                           | 0,006                              | Subterránea |
| 03 | Andalién                    | 223                           | 0,010                           | 0,012                              | Subterránea |
| 04 | Chaimávida Soto             | 502                           | 0,022                           | 0,027                              | Superficial |
| 05 | Villa Juan Riquelme Garay   | 760                           | 0,033                           | 0,042                              | Superficial |
| 06 | Copiulemu                   | 682                           | 0,030                           | 0,037                              | Subterránea |
| 07 | Ráhuil (en formación)       | 310*                          | 0,014                           | 0,017                              | Subterránea |
| 08 | Caleta Tumbes               | 2.015                         | 0,088                           | 0,110                              | Superficial |
| 09 | Coliumo Tomé                | 1.969                         | 0,086                           | 0,108                              | Superficial |
| 10 | San Carlitos (en formación) | 310*                          | 0,014                           | 0,017                              | Subterránea |
| 11 | Perales                     | 310*                          | 0,014                           | 0,017                              | Subterránea |
| 12 | Vegas Itata                 | 310*                          | 0,014                           | 0,017                              | Subterránea |
| 13 | Purema                      | 81                            | 0,004                           | 0,004                              | Subterránea |
| 14 | Villa Sayén de Copiulemu    | 195                           | 0,009                           | 0,011                              | Subterránea |
| 15 | Tapihue                     | 577                           | 0,025                           | 0,032                              | Subterránea |
| 16 | PISSIS                      | 1.432                         | 0,063                           | 0,078                              | Subterránea |
|    | <b>Total</b>                | <b>10.131</b>                 | <b>0,44</b>                     | <b>0,55</b>                        | Subterránea |

\*S/I, Sin información se considera 100 arranques promedio para el cálculo de la demanda total con una densidad de 3,1 hab/arranque

Fuente: (DOH, 2021)

**Tabla 3-2. Demanda para consumo humano por Sector Urbano (APU). Año 2021**

| Localidad     | Población*     | Dotación<br>l/habitante/día | Consumo<br>hm <sup>3</sup> /año | Producción<br>hm <sup>3</sup> /año | Fuente      |
|---------------|----------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------|
| Dichato       | 4.752          | 239,8                       | 0,42                            | 0,72                               | Superficial |
| Tome          | 43.749         | 142,5                       | 2,28                            | 3,93                               | Superficial |
| Penco Lirquén | 47.080         | 156,9                       | 2,70                            | 4,05                               | Superficial |
| Concepción    | 219.013        | 204,1                       | 16,32                           | 23,26                              | Superficial |
| Talcahuano    | 150.540        | 176,5                       | 9,70                            | 14,18                              | Superficial |
| Rafael        | 1.314          | 179,1                       | 0,09                            | 0,13                               | Superficial |
| Florida       | 4.698          | 158,6                       | 0,27                            | 0,38                               | Superficial |
| <b>Total</b>  | <b>471.145</b> |                             | <b>31,76</b>                    | <b>46,64</b>                       |             |

\*Incluye población por artículo 52 BIS

Fuente: SISS (2021)

Por lo tanto, el consumo total para consumo humano es igual a **32,20 hm<sup>3</sup>/año** para una producción igual a **47,19 hm<sup>3</sup>/año**. Dicha demanda se concentra en concepción. Sin embargo, la fuente de concepción es la planta Mochita donde tiene su principal fuente en el río Biobío, fuera de la cuenca. Esto equivale a 75% de la producción total con fuente externa a las Cuencas Costeras e Isla entre río Itata y Biobío.

### 3.1.2 Demanda histórica y proyectada

La demanda de agua para consumo humano está directamente relacionada con la variación poblacional (Fundación Chile, 2018). En el caso de esta cuenca, la población urbana ha tenido un aumento sostenido en el tiempo, según datos históricos en los Planes de desarrollo de la empresa sanitaria (ESSBIO, 2021). Por otro lado, el consumo de agua rural y el crecimiento de población está relacionado con el aumento de las segunda vivienda y parcelación. La Tabla 3-3 y Tabla 3-4 muestran la demanda histórica y proyectada para consumo humano, para el sector rural y urbano (APU) respectivamente.

**Tabla 3-3. Demanda para consumo humano por SSR. Periodo histórico (2021) y proyectado (2060)**

| SSR                         | 1990                            |                                    | 2060                            |                                    |
|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
|                             | Consumo<br>hm <sup>3</sup> /año | Producción<br>hm <sup>3</sup> /año | Consumo<br>hm <sup>3</sup> /año | Producción<br>hm <sup>3</sup> /año |
| Puente 5                    | 0,011                           | 0,014                              | 0,022                           | 0,028                              |
| Lotato                      | 0,004                           | 0,005                              | 0,007                           | 0,009                              |
| Andalién                    | 0,007                           | 0,009                              | 0,014                           | 0,018                              |
| Chaimávida Soto             | 0,016                           | 0,020                              | 0,032                           | 0,041                              |
| Villa Juan Riquelme Garay   | 0,024                           | 0,030                              | 0,049                           | 0,061                              |
| Copiulemu                   | 0,048                           | 0,060                              | 0,044                           | 0,055                              |
| Ráhuil (en formación)       | 0,022                           | 0,027                              | 0,020                           | 0,025                              |
| Caleta Tumbes               | 0,182                           | 0,228                              | 0,130                           | 0,163                              |
| Coliumo Tomé                | 0,144                           | 0,180                              | 0,127                           | 0,159                              |
| San Carlitos (en formación) | 0,023                           | 0,028                              | 0,020                           | 0,025                              |
| Perales                     | 0,021                           | 0,026                              | 0,020                           | 0,025                              |
| Vegas Itata                 | 0,021                           | 0,026                              | 0,020                           | 0,025                              |
| Purema                      | 0,006                           | 0,007                              | 0,005                           | 0,007                              |
| Villa Sayén de Copiulemu    | 0,014                           | 0,017                              | 0,013                           | 0,016                              |
| Tapihue                     | 0,041                           | 0,051                              | 0,037                           | 0,047                              |
| PISSIS                      | 0,105                           | 0,131                              | 0,092                           | 0,116                              |
| <b>Total</b>                | <b>0,69</b>                     | <b>0,86</b>                        | <b>0,65</b>                     | <b>0,82</b>                        |

Fuente: (DOH, 2021)

En total, el sector urbano tiene un aumento de volumen producido es 1,2% anual equivalente a 22,77 hm<sup>3</sup>/año desde 2021 hasta 2060. En el caso del sector rural, la diferencia es igual a 0,27 hm<sup>3</sup>/año siendo un 49% respecto al año 2021. Respecto el consumo, se ha considerado unas pérdidas de producción y distribución constantes en el tiempo por lo tanto mantiene la misma tendencia que la producción.

**Tabla 3-4. Demanda para consumo humano por Sector Urbano (APU). Periodo histórico (1990) y proyectado (2060)**

| Localidad     | 1990                            |                                    | 2060                            |                                    |
|---------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
|               | Consumo<br>hm <sup>3</sup> /año | Producción<br>hm <sup>3</sup> /año | Consumo<br>hm <sup>3</sup> /año | Producción<br>hm <sup>3</sup> /año |
| Talcahuano    | 10,17                           | 14,87                              | 0,64                            | 1,11                               |
| Penco Lirquén | 2,59                            | 2,59                               | 3,45                            | 5,95                               |
| Tomé          | 2,15                            | 2,15                               | 4,10                            | 6,17                               |
| Dichato       | 0,33                            | 0,33                               | 24,86                           | 35,44                              |
| Concepción    | 15,70                           | 22,39                              | 14,61                           | 21,36                              |
| Rafael        | 0,08                            | 0,12                               | 0,13                            | 0,19                               |
| Florida       | 0,19                            | 0,26                               | 0,40                            | 0,53                               |
| <b>Total</b>  | <b>15,72</b>                    | <b>20,52</b>                       | <b>48,20</b>                    | <b>70,75</b>                       |

Fuente: Elaboración propia en base a, Planes de Desarrollo (ESSBIO, 2021)



### 3.1.3 Eficiencia de uso

En relación con el agua potable en el sector urbano (APU), la pérdida por ineficiencia se define como la suma del agua perdida desde la captación hasta la facturación (SISS, 2020). Por lo tanto, se trata del conjunto de pérdidas relacionadas con el estado de la infraestructura, más la pérdida comercial.

En los últimos años, los sistemas urbanos registran una **pérdida promedio de un 37%**, y presenta una **tendencia levemente decreciente**. No existen datos oficiales sobre las pérdidas en el sector rural, esto se considerará como brecha de información para en el desarrollo del presente plan. Según el Manual de Proyectos de Agua Potable Rural de la DOH (DOH, 2019) se consideró un 20% de pérdidas para los SSR dentro del cálculo y la modelación.

### 3.1.4 Demanda legal

La demanda legal para consumo humano en sector urbano está provista de 136,03 hm<sup>3</sup>/año (4.313,5 l/s), siendo superior a la demanda física (Tabla 3-5).

**Tabla 3-5. Demanda legal para consumo humano. Sector urbano**

| Localidad                | Fuente      | Derechos otorgados |                      |
|--------------------------|-------------|--------------------|----------------------|
|                          |             | l/s                | hm <sup>3</sup> /año |
| <b>Dichato</b>           | Superficial | 60                 | 1,89                 |
|                          | Subterráneo | 0                  | -                    |
|                          | Total       | 60                 | 1,89                 |
| <b>Tomé</b>              | Superficial | 392                | 12,36                |
|                          | Subterráneo | 0                  | -                    |
|                          | Total       | 392                | 12,36                |
| <b>Penco<br/>Lirquén</b> | Superficial | 637                | 20,09                |
|                          | Subterráneo | 0                  | -                    |
|                          | Total       | 637                | 20,09                |
| <b>Concepción</b>        | Superficial | 3.003              | 94,70                |
|                          | Subterráneo | 0                  | -                    |
|                          | Total       | 3.003              | 94,70                |
| <b>Rafael</b>            | Superficial | 60                 | 1,89                 |
|                          | Subterráneo | 129,5              | 4,08                 |
|                          | Total       | 189,5              | 5,98                 |
| <b>Florida</b>           | Superficial | 24                 | 0,76                 |

| Localidad | Fuente       | Derechos otorgados |                      |
|-----------|--------------|--------------------|----------------------|
|           |              | l/s                | hm <sup>3</sup> /año |
|           | Subterráneo  | 12                 | 0,38                 |
|           | Total        | 36                 | 1,14                 |
| Total     | Superficial  | <b>4176</b>        | <b>131,69</b>        |
|           | Subterráneo  | <b>142</b>         | <b>4,46</b>          |
|           | <b>Total</b> | <b>4.318</b>       | <b>136,20</b>        |

Fuente: Elaboración propia en base a Planes de Desarrollo (ESSBIO, 2021)

### 3.2 Necesidades Mínimas Ambientales

Las demandas ambientales pueden asociarse tanto a los ecosistemas terrestres como a los ecosistemas acuáticos de la cuenca.

Desde el punto de vista de los ecosistemas terrestres, la demanda corresponde a las aguas empleadas por la vegetación y los animales para sus procesos biológicos, crecimiento, alimentación y reproducción. En este sentido, la demanda ambiental corresponde al conjunto de la evapotranspiración potencial de las masas de vegetación natural existentes en la cuenca, la cual se descuenta desde la precipitación ocurrida en el territorio.

Desde el punto de vista de los ecosistemas acuáticos, la demanda ambiental corresponde a la necesidad de mantener los hábitats acuáticos en temas de cantidad y calidad de las aguas, de manera tal que se asegure la continuidad de estos.

A nivel de cuenca no existe una estimación de los caudales ecológicos, pero en este caso se pueden suponer como un porcentaje de los caudales medios según se emplea para la determinación del caudal pasante mínimo en los procesos de evaluación de impacto ambiental.

En consecuencia, se realizó una estimación preliminar del caudal ecológico para el Río Andalién, según las mediciones realizadas en la estación "Andalién camino a Penco". El caudal promedio en esta estación, para el período 1980 a 2020, es de 11,87 m<sup>3</sup>/s, con máximos en los meses de junio y julio (27,4 m<sup>3</sup>/s) y mínimos en febrero y marzo (2,8 m<sup>3</sup>/s) (Tabla 3-6).

El caudal ecológico se calculó con la estadística disponible en la estación Río Andalién camino a Penco (BNA 08220001-0), con datos de caudal promedio mensual en el periodo de tiempo desde 1980-2020 (40 años). Con una distribución de probabilidad para dichos años se calcula la PE 20% y PE 95%, para cada mes. Con dichos datos se obtiene el Q ecológico según se detalla en el Anexo F1, sección 2.5.3.

**Tabla 3-6. Estimación de Caudal ecológico (Qe) para el río Andalién**

| Caudal ecológico | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Qe (m³/s)        | 1,34 | 1,34 | 1,34 | 2,03 | 2,67 | 2,14 |
| Caudal ecológico | Oct  | Nov  | Dic  | Ene  | Feb  | Mar  |
| Qe (m³/s)        | 1,34 | 1,34 | 1,34 | 1,34 | 1,34 | 1,34 |

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Demanda Agrícola bajo riego

Para el cálculo de la demanda agrícola se consideran los antecedentes de la sección 2.1.3.4. Se definen 10.266 ha de superficie bajo riego, según los grupos de cultivos indicados en dicha sección. En el Anexo F1 Aspectos Metodológicos (sección 2.3) se presentan las consideraciones adoptadas para la estimación de la demanda hídrica para agricultura. La demanda agrícola bajo riego se define según los siguientes conceptos:

La **demanda neta para riego (DN)**, definida como el volumen de agua necesaria para compensar el déficit de evaporación (transpiración del cultivo y evaporación del suelo) producto por unas precipitaciones insuficientes, es decir el volumen necesario para compensar el déficit entre demanda hídrica de la planta (Evapotranspiración potencial) y la precipitación efectiva durante un periodo de crecimiento del cultivo (FAO).

$$DN_{riego} \left( \frac{hm^3}{mes} \right) = \left( (ET_0 \left( \frac{mm}{mes} \right) * KC) - PP_{efectiva} \left( \frac{mm}{mes} \right) * Superficie(ha) \right) \times \frac{1}{10^5}$$

Donde:

DN Riego (hm³/mes), Demanda neta de riego

ET<sub>0</sub> (mm/mes), Evapotranspiración potencial

Kc (adimensional) coeficiente de cultivo

PP efectiva (mm/mes), Precipitación efectiva

Superficie (ha), área bajo riego del tipo de cultivo

La DN riego no considera las pérdidas por método de riego ni pérdidas por conducción. Por lo tanto, se define **Demanda Bruta de riego (DB)** como volumen necesario para satisfacer el cultivo según el método de riego (ver Tabla 2-10). El volumen generado por las pérdidas por método de riego, parcialmente son infiltradas y el resto escurren por flujo subsuperficial.

---

A continuación, se detalla un resumen de los resultados:

### 3.3.1 Demanda actual

Según estas consideraciones, la Tabla 3-7 presenta la DN y DB de la superficie bajo riego según el KC (Tabla 3-8) en el territorio.

**Tabla 3-7. Demanda para agricultura bajo riego (hm<sup>3</sup>/año). Periodo actual (promedio últimos 5 años, 2017-2021)**

| BNA  | Subcuenca                                      | Área riego    | DN (hm <sup>3</sup> /año) | DB (hm <sup>3</sup> /año) |
|------|------------------------------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| 0820 | Costeras entre R. Itata y R. Pingueral (Incl.) | 141,79        | 0,24                      | 0,37                      |
| 0821 | Costeras entre Río Pingueral Y Río Andalién    | 29,92         | 0,03                      | 0,05                      |
| 0822 | Río Andalién                                   | 177,71        | 0,43                      | 0,76                      |
| 0823 | Costeras entre Río Andalién Y Río Bío-Bío      | 9,40          | 0,01                      | 0,03                      |
|      | <b>Total</b>                                   | <b>358,82</b> | <b>0,71</b>               | <b>1,21</b>               |

Fuente: Elaboración propia en base a (INE, 2007)

**Tabla 3-8. Coeficiente de cultivo (Kc) Región de Biobío**

| Resumen por grupo de cultivo | Ene  | Feb  | Mar  | Abr  | May  | Jun  | Jul  | Ago  | Sep  | Oct  | Nov  | Dic  |
|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| (1) CER: + (2) FOA:          | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,26 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,29 | 0,35 |
| (3) FOP:                     | 0,80 | 0,85 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,95 | 0,90 | 0,00 | 0,00 | 0,40 | 0,40 | 0,70 |
| (4) HOR + (5) FLO:(6) SEM    | 0,36 | 0,55 | 0,56 | 0,57 | 0,57 | 0,57 | 0,50 | 0,48 | 0,28 | 0,39 | 0,39 | 0,26 |
| (7) VIÑ: + (8) PAR           | 0,95 | 0,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,55 | 0,80 | 1,05 | 1,05 |
| (9) FR                       | 0,64 | 0,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,52 | 0,67 | 0,80 | 0,80 |
| (10) PME                     | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,50 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
| (11) PNA                     | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,50 | 0,65 | 0,70 | 0,75 |
| (12) BAR:                    | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

CER: Cerl, Leg, Tub y CI + (2) FOA: Forraj An

(3) FOP: Forrajeras Permanentes (4) HOR: Hortalizas + (5) FLO: Flores + (6) SEM: Semilleros. (4) HOR: Hortalizas + (5) FLO: Flores + (6) SEM: Semilleros. (7) VIÑ: Viñas + (8) PAR: Parronales

Fuente: Coeficientes de cultivo (Kc) de la publicación FAO en su Boletín Nº 56 para la determinación de las necesidades de agua de riego

### 3.3.2 Demanda proyectada

La variabilidad de la demanda de agua agrícola es alta, ya que está sujeta al mismo tiempo a la variación de superficie regada, los métodos de riego, y a la disponibilidad efectiva del recurso, organización territorial, desarrollo regional, entre otros factores. En particular, si se analizan las estadísticas de superficie arrojada por los censos agropecuarios de 1987, 1997 y 2007, se tiene una tendencia no constante.

Por su parte, la demanda proyectada muestra unas tasas crecientes similares a las observadas a la fecha. Se ha considerado la tendencia presentada en el informe de DGA (2017c), sin embargo, ésta será actualizada según el escenario de cambio climático considerado en el presente estudio.

En la Tabla 3-9 se presenta la variabilidad de la demanda sin cambio de superficie de riego, dicha variabilidad depende únicamente del factor de precipitación efectiva.

**Tabla 3-9. Demanda para agricultura bajo riego. Periodo proyectado (2040)**

| BNA  | Subcuenca                                      | Área riego    | DN (hm <sup>3</sup> /año) | DB (hm <sup>3</sup> /año) |
|------|------------------------------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|
| 0820 | Costeras entre R. Itata y R. Pingueral (Incl.) | 141,79        | 0,29                      | 0,38                      |
| 0821 | Costeras entre Río Pingueral Y Río Andalién    | 29,92         | 0,06                      | 0,07                      |
| 0822 | Río Andalién                                   | 177,71        | 0,51                      | 0,76                      |
| 0823 | Costeras entre Río Andalién Y Río Bío-Bío      | 9,40          | 0,03                      | 0,06                      |
|      | <b>Total</b>                                   | <b>358,82</b> | <b>0,89</b>               | <b>1,28</b>               |

Fuente: Elaboración propia en base a (DGA, 2017c)

### 3.3.3 Eficiencia de riego

Una componente clave en el aumento de la superficie regada la constituye el aumento de la eficiencia en el uso de agua de riego, la que considera tanto las obras de captación y conducción del recurso, como la tecnificación del riego intrapredial. La estimación al año 2020 muestra que todas las zonas de riego tienen una tendencia creciente, llegando a un

promedio para la **cuenca de 60% de eficiencia**. El punto de partida en el año 1985 se considera, métodos tradicionales (35%) ascendiendo según los Censos Agropecuarios de 1997 y 2007 hasta la cifra antes mencionada. Dicha eficiencia para aspectos de modelación se mantiene fija desde 2020, de esta forma los escenarios de modelación serán comparable entre sí, sin tener influencias de otro parámetro como es la eficiencia. Sin embargo, y como se ha comentado en el punto anterior, es importante para la cuenca acciones que permitan la mejora de la eficiencia, de esta forma las líneas de acción del Plan estratégico incluyen la mejora de la tecnificación intrapredial y extrapredial.

### 3.3.4 Demanda de Agrícola seco

La superficie agrícola de cultivos de seco es aquella superficie que está bajo un cultivo que no requiere o tiene riego asociado dentro del Censo Agropecuario (INE, 2007). Los tipos de cultivos considerados son:

- Cultivos y Forrajeras Anuales (Superficie Física), en seco (ha).
- Forrajeras Permanentes, en seco (ha).
- Hortalizas, Flores y Semilleros (Superficie Física) = en seco (ha).
- Viñas (Tintas y Blancas), en seco (ha).
- Frutales (en producción), no regados (ha).
- Praderas Mejoradas (ha).
- Praderas Naturales (ha).
- Barbechos y Descansos (ha)

En la Tabla 3-10 se presenta la demanda hídrica para la superficie de seco.

**Tabla 3-10. Demanda para agricultura de seco. Periodo proyectado (2040)**

| BNA  | Subcuenca                                      | Superficie<br>(DGA, 2017c) | Demanda seco<br>(hm <sup>3</sup> /año) |
|------|------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
| 0820 | Costeras entre R. Itata y R. Pingueral (Incl.) | 3.296,64                   | 20,43                                  |
| 0821 | Costeras entre Río Pingueral Y Río Andalién    | 1.589,66                   | 7,44                                   |
| 0822 | Río Andalién                                   | 9.578,68                   | 58,02                                  |
| 0823 | Costeras entre Río Andalién Y Río Bío-Bío      | 318,42                     | 1,62                                   |
|      | <b>Total</b>                                   | <b>14.783,39</b>           | <b>87,51</b>                           |

Fuente: Elaboración propia en base a (DGA, 2017c)

### 3.3.5 Demanda legal

En el uso para riego la demanda legal, según registro de derechos de aprovechamiento de aguas de la DGA, tiene registrado 3,50 hm<sup>3</sup>/año con dicho uso. Sin embargo, dicho listado tiene 135,71 hm<sup>3</sup>/año (consuntivo) sin atribuir a ningún uso. Este hecho puede justificar la diferencia entre los valores de demanda legal y demanda física indicados.

**Tabla 3-11. Demanda legal para uso agricultura bajo riego (hm<sup>3</sup>/año)**

| Uso   | Consuntivo  |             |       | No consuntivo | Total |
|-------|-------------|-------------|-------|---------------|-------|
|       | Subterránea | Superficial | Total |               |       |
| Riego | 0,00        | 3,50        | 3,50  | 0,00          | 3,50  |

Fuente: Elaboración propia en base a Registro de DDA otorgados (DGA, 2021)

Se debe considerar que el “uso” relacionado a cada derecho de aprovechamiento de aguas en el CPA es referencia, por lo tanto, la demanda indicada para el presente uso es indicativa.

### 3.4 Demanda Industrial

Se proyectó la demanda actual, la histórica y proyectada, así como la demanda legal identificada a partir de los derechos de aprovechamiento de agua.

#### 3.4.1 Demanda actual

En las costeras e islas entre los ríos Itata y Biobío la demanda industrial se abastece por suministros propios separados a la red de abastecimiento de la empresa sanitaria que opera en dicho territorio. Las principales plantas industriales con demanda de agua son 6: Planta de Proceso Tomé (Salmones Camanchaca S.A), Planta Harinas Camanchaca (Camanchaca Pesca Sur S.A), Pesquera Landes Isla Rocuant (Soc. Pesquera Landes S.A), Forestal y Papelería Concepción S.A, Blumar San Vicente (Blumar S.A), Copiulemu S.A- Florida.

En Tabla 3-12 se presenta la demanda actual y proyectada de las industrias. concluyéndose que la demanda industrial es igual a 5,83 hm<sup>3</sup>/año en el periodo actual aumentando según una tendencia central (DGA, 2017c) hasta 9,65 hm<sup>3</sup>/año.



**Tabla 3-12. Demanda industrial Periodo actual (2022-2052)**

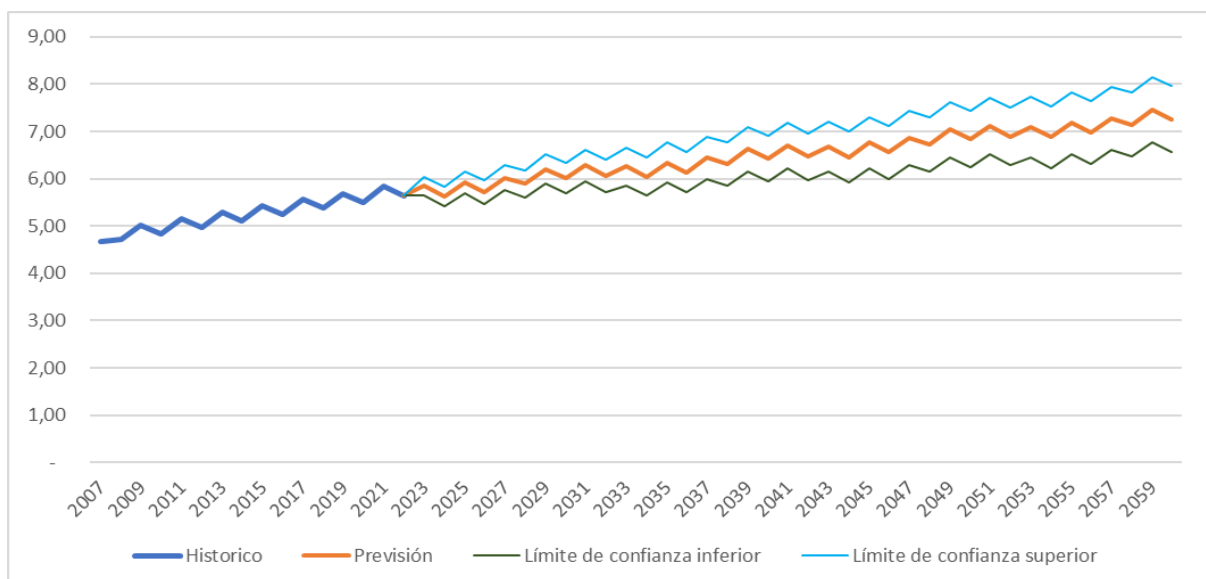
| Razón Social                         | Planta                               | Cod Subcuenca | Demanda actual hm <sup>3</sup> /año |
|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Salmones Camanchaca S.A.             | Planta de Proceso Tomé               | 0821          | 0,46                                |
| Camanchaca Pesca Sur S.A),           | Planta Harinas Camanchaca            | 0823          | 0,04                                |
| Soc. Pesquera Landes S.A.            | Pesquera Landes Isla Rocuant         | 0823          | 1,80                                |
| Forestal y Papelería Concepción S.A. | Forestal y Papelería Concepción S.A. | 0823          | 1,31                                |
| Blumar S.A                           | Blumar San Vicente                   | 0823          | 2,20                                |
| Copiulemu S.A.                       | Copiulemu Florida                    | 0822          | 0,02                                |
| <b>Total</b>                         |                                      |               | <b>5,83</b>                         |

Fuente: RETC (2021)

### 3.4.2 Demanda histórica y proyectada

La demanda industrial proyectada tiene un promedio de la estimación (valor medio), de 7,13 hm<sup>3</sup>/año, periodo 2051-2060 (Gráfico 3-1).

**Gráfico 3-1. Demanda industrial histórica y proyectada**



Fuente: DGA (2017c)

### 3.4.3 Demanda legal

El listado de Derechos de aprovechamiento de aguas registrados en DGA no tienen derechos de uso de agua para industria dentro de las cuencas costeras e islas entre los ríos Itata y Biobío. Sin embargo, dicho listado tiene 135,71 hm<sup>3</sup>/año (consuntivo) sin atribuir a ningún uso.

## 3.5 Demanda forestal

### 3.5.1 Demanda actual

En la Región de Biobío fueron catastradas 515.698 ha de bosque nativo, más 1.227.789 ha de bosque forestal y 6.990 ha de humedales (CONAF, 2007). En la Tabla 3-13 se presenta la demanda forestal productiva y no productiva para las costeras e islas entre los ríos Itata y Biobío. La presente demanda corresponde al uso directo de las precipitaciones y humedad del suelo por parte de las plantaciones forestales, y no incluye riego.

**Tabla 3-13. Demanda forestal productivo y no productivo (hm<sup>3</sup>/año). Periodo actual (2019)**

| Subuso                                     | Año 2019 (Actual) |
|--------------------------------------------|-------------------|
| Bosque Nativo (ha)                         | 20.490,20         |
| Bosque Nativo (hm <sup>3</sup> /año)       | 186,17            |
| Plantación forestal (ha)                   | 84.832,02         |
| Plantación forestal (hm <sup>3</sup> /año) | 770,75            |
| <b>Total (ha)</b>                          | <b>105.322,22</b> |
| <b>Total (hm<sup>3</sup>/año)</b>          | <b>956,91</b>     |

Fuente: Elaboración propia en base a (DGA, 2017c)

### 3.5.2 Demanda histórica y proyectada

No se espera un aumento de la superficie de plantaciones forestales a futuro, por lo que el aumento en consumo de agua podría variar respecto de las condiciones ambientales, pero no producto de un incremento de la superficie.

---

Según se tiene del análisis realizado en el numeral 5.2.2.3.1, sobre la pérdida y degradación de la vegetación natural de la cuenca, se tiene que en los últimos 20 años se han perdido aproximadamente 1.730,4 ha de bosque nativo, al mismo tiempo que la superficie de plantaciones forestales aumentó a 3.543,3 ha.

Sin embargo, no se prevé a futuro un crecimiento relevante de la superficie de plantaciones forestales, toda vez que se alcanzó el 54% de la superficie total de la cuenca (existe una alta saturación de espacios), y los remanentes cuentan con distintos niveles de protección o interés de parte de la ciudadanía. Este análisis fue compartido por las empresas forestales que acudieron al as distintas instancias de participación realizadas.

### **3.5.3 Demanda legal**

No se identificó derechos de aprovechamiento de agua concedidos a empresas forestales dentro de la cuenca.

## **3.6 Demanda Minera**

En las costeras e islas entre los ríos Itata y Biobío no existe actividades mineras, solamente se levantó la presencia de pequeñas faenas mineras de uso no continuado. Por lo tanto, debido a considerarse un uso intermitente en el tiempo, no se define demanda de agua para uso minero a nivel del presente estudio.

No obstante, existen proyectos mineros potenciales asociados al uso de Tierras Raras.

## **3.7 Síntesis de la demanda**

En la Tabla 3-14 se resumen las demandas hídricas en las Cuencas Costeras entre los Ríos Itata y Biobío.

**Tabla 3-14. Demanda total Periodo actual y proyectado (2060)**

| Demanda                          | Demanda Evapotranspirativa (hm <sup>3</sup> /año) | Demanda Consuntiva                    |                                           |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                  |                                                   | Demanda actual (hm <sup>3</sup> /año) | Demanda proyectada (hm <sup>3</sup> /año) |
| Consumo humano <sup>(1)</sup>    | --                                                | 47,19                                 | 50,96                                     |
| Necesidades mínimas ambientales  | S/I                                               | --                                    | --                                        |
| Agricultura Riego <sup>(2)</sup> | --                                                | 1,12                                  | 1,28                                      |
| Agricultura Secano               | 87,51                                             | --                                    | --                                        |
| Forestal                         | 975,92                                            | --                                    | --                                        |
| Minera                           | S/I                                               | --                                    | --                                        |
| Industrial                       | S/I                                               | 5,83                                  | 7,13                                      |
| <b>Total</b>                     | <b>1.063,43</b>                                   | <b>54,14</b>                          | <b>59,37</b>                              |

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

Fuente: Elaboración propia

## 4 OFERTA HÍDRICA

La oferta de agua está determinada por la naturaleza superficial y subterránea de los recursos hídricos. A continuación, se presenta una descripción de las fuentes existentes, la oferta determinada con el modelo hidrológico y el modelo hidrogeológico conceptual, junto con el estado de la calidad de las aguas según los antecedentes recopilados. El cálculo de los valores que se presentan se realiza a partir de los resultados del modelo WEAP, información de estaciones meteorológicas y de modelos meteorológicos, considerando como áreas representativas de la gestión superficial (nodos) y los sectores acuíferos, para los años hidrológicos respectivos.

En el Anexo F, sección 3, se detalla la metodología de análisis de la oferta de agua calculada con el modelo WEAP detallado en el Anexo H, sección 3 "Modelo Hidrológico Numérico".

### 4.1 Aguas Superficiales

#### 4.1.1 Hidrología

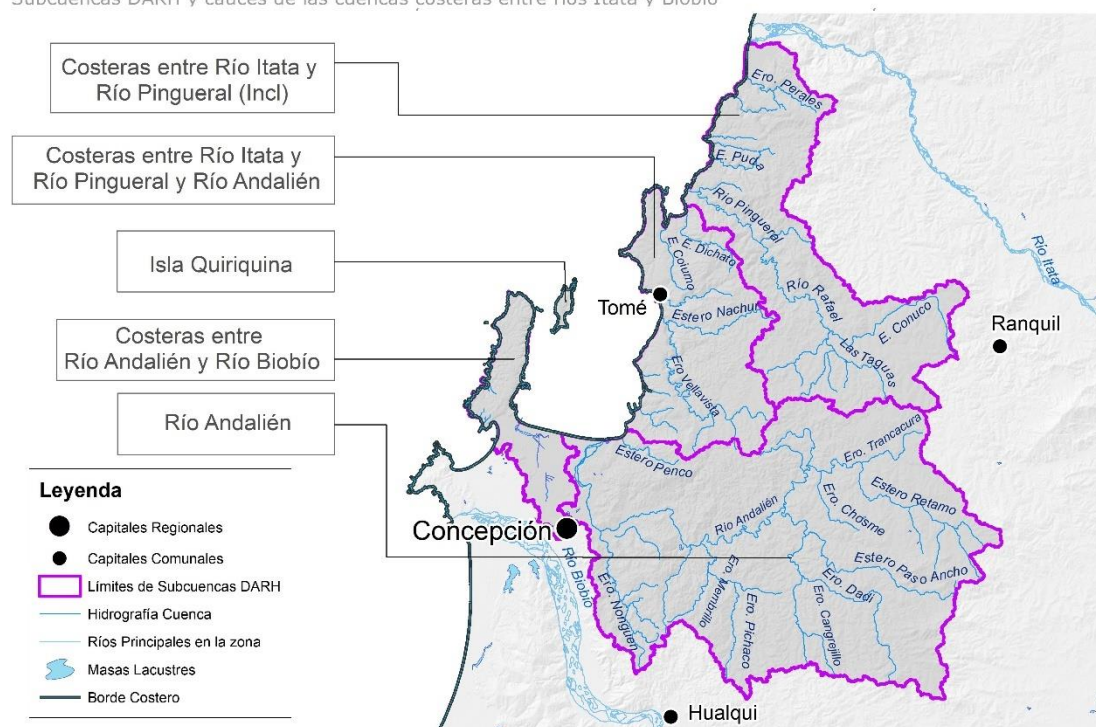
Como se describe anteriormente en el capítulo 2.1.2 la cuenca costera entre ríos Itata y Biobío se subdivide en cuatro subcuencas costeras y la isla Quiriquina.

En la **Figura 4-1**, se presenta la división en subcuencas DARH y los cauces superficiales. Según se muestra en la **Tabla 2-4**, la cuenca de mayor superficie es la del Andalién, cubriendo cerca de 800 km<sup>2</sup>, más de la mitad de la cuenca, luego le sigue en tamaño la cuenca costera entre ríos Itata y Pingueral con alrededor de 380 km<sup>2</sup>. La cuenca de menor tamaño es la Isla Quiriquina ubicada en la bahía de Concepción, a 11 km al norte de Talcahuano. Todas las subcuencas se caracterizan por un régimen puramente pluvial, dada su ubicación geográfica y topografía, además presentan un clima templado cálido con lluvias invernales y gran humedad atmosférica, especialmente en el borde costero.

Sus principales cursos de agua son el **Río Andalién**, que nace de la unión del estero Popen por el norte y el estero Curapalihue o Dadi por el sur, tiene un caudal medio anual de 12,7 m<sup>3</sup>/s según las estadísticas de la estación río Andalién camino a Penco (Código BNA: 08220001-0) y desemboca en la bahía de Concepción, al oeste de la localidad de Penco. El siguiente curso de importancia es el **Río Pingueral**, llamado Rafael en su parte alta, que tiene una longitud cercana a 36 km y desemboca en la bahía de Coliumo; cuenta con una única estación fluviométrica que es río Pingueral en Dichato (Código BNA: 08210001-6), la cual sólo tiene registros de caudal entre los años 1985 y 1989 e indica un caudal promedio anual de 3,9 m<sup>3</sup>/s.

## Cuencas Costeras entre Río Itata y Río Biobío

Subcuencas DARH y cauces de las cuencas costeras entre ríos Itata y Biobío



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4-1. Subcuencas DARH**

Tal como lo indica la Figura 2-6, la cuenca de estudio presenta cuerpos de agua del tipo lago, laguna, humedales, aunque no se identifican salares ni embalses. Se verificó para esto el Inventario Público de Cuencas Hidrográficas y Lagos, de la Dirección General de Aguas<sup>14</sup>; y el Inventario Nacional de Humedales del Ministerio del Medio Ambiente<sup>15</sup>.

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

<sup>14</sup> Revisado en

[https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursosahidricos/inventario\\_cuencas\\_lagos/Paginas/default.aspx](https://dga.mop.gob.cl/administracionrecursosahidricos/inventario_cuencas_lagos/Paginas/default.aspx)

<sup>15</sup> Revisado en

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

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

| Comuna     | Tipo y Número          | Cuerpos Principales                                                                                                                                            |
|------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Concepción | 1 Lago                 | Laguna Lo Pineda                                                                                                                                               |
|            | 5 Lagunas              | Tucapel Bajo _Paicaví                                                                                                                                          |
|            | 2 Humedales urbano     | Laguna Tres Pascualas                                                                                                                                          |
|            | 4 Humedales no urbano  | Laguna Redonda<br>Laguna Lo Custodio<br>Laguna Lo Galindo<br>Laguna Lo Méndez<br>Humedal Calles Manuel Gutiérrez con Tucapel<br>Chaimávida                     |
| Florida    | 3 Lagunas              | Florida 1                                                                                                                                                      |
|            | 10 Humedales no urbano |                                                                                                                                                                |
| Hualpén    | 2 Humedales urbano     | Vasco de Gama<br>Laguna Price                                                                                                                                  |
| Hualqui    | 1 Humedales no urbano  | -                                                                                                                                                              |
| Penco      | 2 Humedales urbano     | Agua amarilla<br>Cosmito                                                                                                                                       |
|            | 1 Humedales no urbano  | Laguna sector El Rosal                                                                                                                                         |
| Ránquil    | 3 Humedales no urbano  | -                                                                                                                                                              |
| Talcahuano | 1 Laguna               | H. Costado Calle Seis -Aviación                                                                                                                                |
|            | 2 Canales urbanos      | Humedal Intersección Claudio Gay                                                                                                                               |
|            | 4 Humedales urbano     | Humedal Los Perales                                                                                                                                            |
|            |                        | Sistema de humedal Los Coipos<br>Sistema Humedal Rocuant - Río Andalién<br>Sistema Canal El Morro<br>Humedal Isla Quiriquina<br>Laguna Macera (Diego Portales) |
| Tomé       | 1 Playa                | Sector Playa Blanca<br>Humedal Cocholgüe<br>Tranque Carlos Mahns                                                                                               |
|            | 1 Humedal urbano       |                                                                                                                                                                |
|            | 1 Tranque              |                                                                                                                                                                |
|            | 10 Humedales no urbano |                                                                                                                                                                |

Fuente: Elaboración propia en base a MMA<sup>16</sup>

#### 4.1.2 Oferta en la fuente

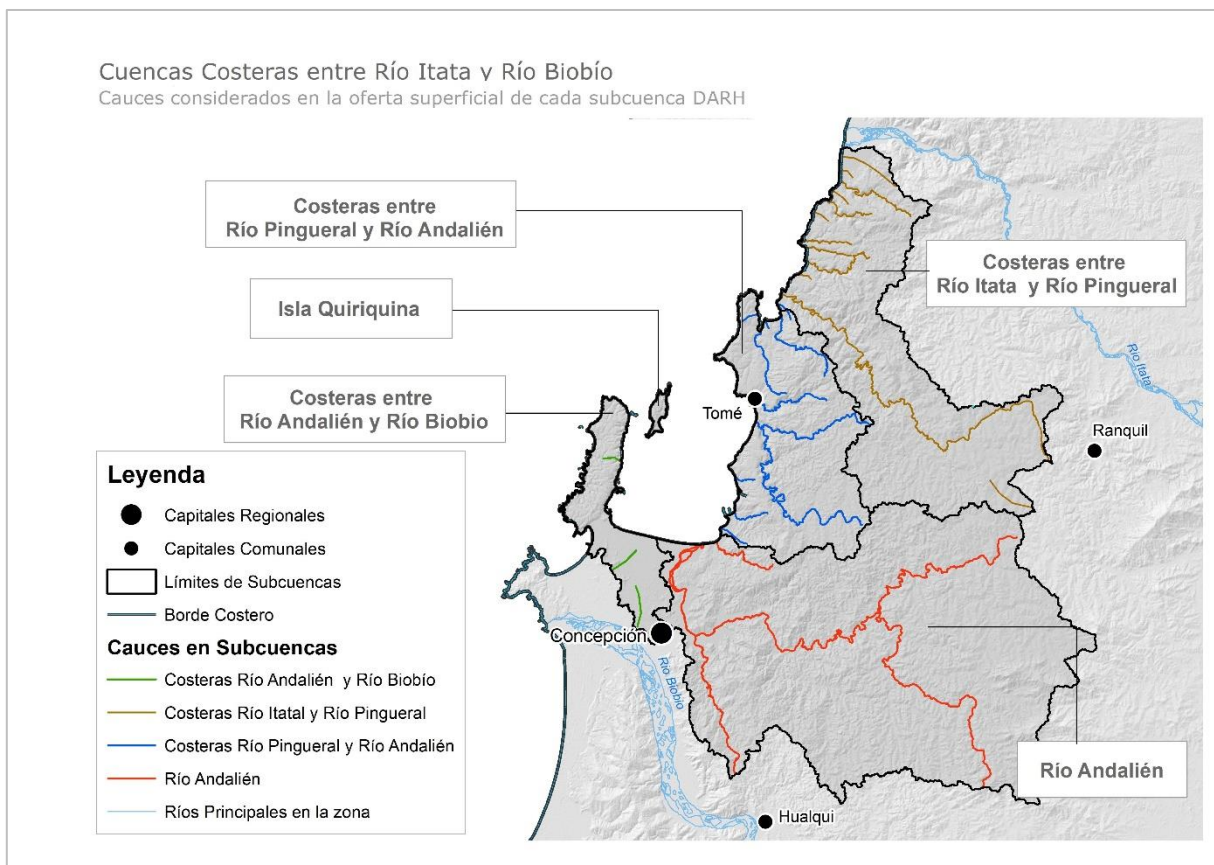
La oferta en la fuente se analiza según los periodos de tiempo descritos a continuación

- Oferta histórica (1990-2014): Promedio de la oferta entregada en el periodo de tiempo entre abril de 1990 y marzo de 2015.
- Oferta actual (2015-2020): Promedio de la oferta entregada en el periodo de tiempo entre abril de 2020 y marzo de 2021.

<sup>16</sup> Revisado en

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

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



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4-2. Cauces considerados en la oferta superficial de cada subcuenca DARH**

Los periodos mencionados se analizan para el régimen intervenido de la cuenca, es decir que la oferta superficial corresponde a la suma de los caudales de todos los cauces en sus puntos de salida del volumen de control considerado, en este caso las subcuencas DARH, considerando el aprovechamiento hídrico de las localidades y los SSR de la cuenca, de acuerdo a las características de cada uno de estos elementos y a las reglas operacionales que han sido comunicadas por los mismos usuarios. En la **Figura 4-2** se presentan los cauces de WEAP considerados en el cálculo de la oferta superficial para cada subcuenca DARH.



#### 4.1.2.1 Histórica y actual

En la **Tabla 4-2** se entrega la oferta para el periodo histórico y actual de la cuenca, considerando las demandas existentes.

La oferta histórica total en la cuenca tiene un promedio de **655 hm<sup>3</sup>/año**. En el periodo actual (2015-2020) la oferta desciende a un promedio anual de **549 hm<sup>3</sup>/año**, siendo un 20% menor al promedio del periodo histórico.

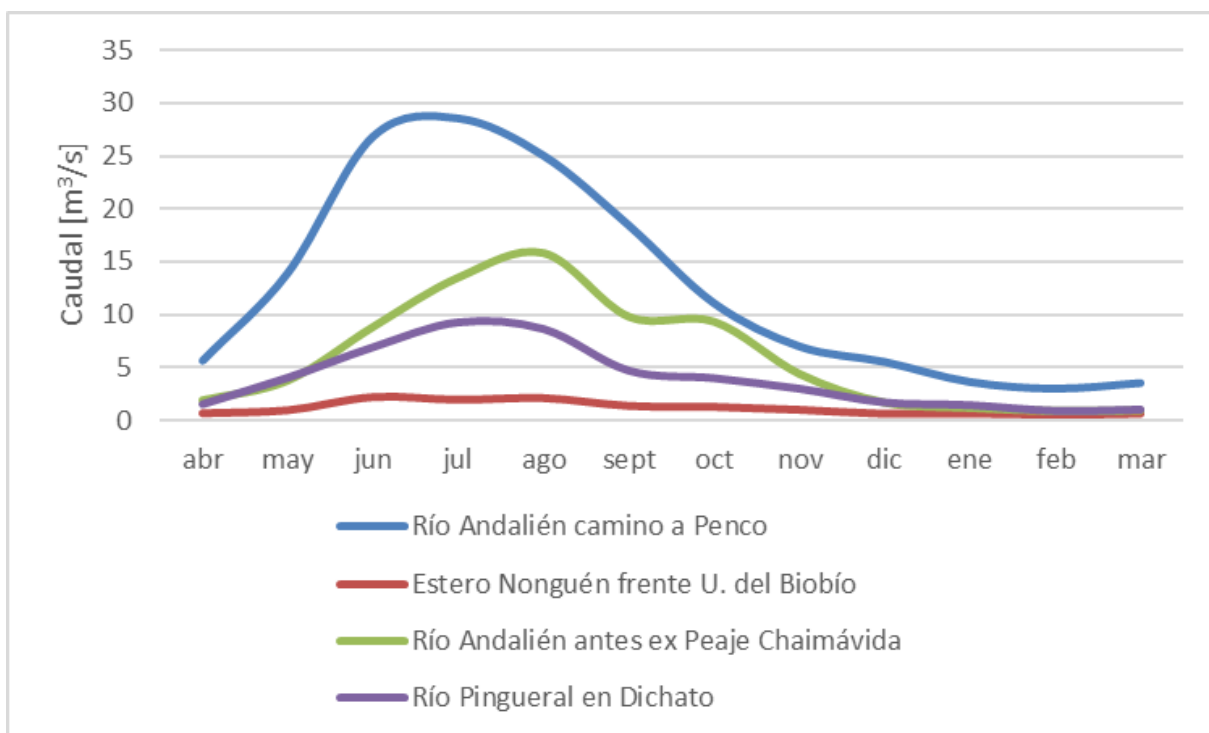
**Tabla 4-2. Oferta superficial de subcuencas DARH. Periodo histórico y actual**

| Subcuenca DARH                           | 1990 – 2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Histórico<br>1990 - 2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Actual<br>2015 - 2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) |
|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Costeras entre ríos Itata y Pingueral    | 151,02                                | 151,16                                             | 119,41                                          |
| Río Andalién                             | 348,47                                | 348,47                                             | 285,12                                          |
| Costeras entre ríos Pingueral y Andalién | 135,59                                | 141,28                                             | 111,82                                          |
| Costeras entre río Andalién y Biobío     | 36,82                                 | 38,12                                              | 31,41                                           |
| Isla Quiriquina                          | 1,77                                  | 1,84                                               | 1,49                                            |
| <b>Total</b>                             | <b>655,52</b>                         | <b>680,87</b>                                      | <b>549,26</b>                                   |

Fuente: Elaboración propia

Es relevante destacar que, dada la naturaleza pluvial de la cuenca, la oferta superficial es mayor entre junio y octubre. En el Gráfico 4-1 se presentan los caudales medios mensuales de las cuatro estaciones con registros históricos en la cuenca, se observa que la subcuenca del río Andalién es la de mayor aporte de caudal, representando el 51% de la oferta hídrica en el periodo histórico, además la estación de Río Andalién camino a Penco es la que tiene un registro más largo de datos, desde 1960 a la actualidad.

**Gráfico 4-1. Caudal medio mensual de las estaciones fluviométricas**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.2 Oferta proyectada

Por otra parte, como se ha mencionado en el punto 2.2.2.3 “Escenarios de cambio climático” y en el Anexo H (sección 4.3.2); la precipitación y temperatura del periodo proyectado (2020-2059) es obtenida desde el modelo MIROC-ESM (DGA, 2019).

Al igual que para el periodo histórico y actual, se estimó la oferta superficial proyectada tomando la escorrentía superficial modelada en WEAP. Para este escenario la proyección de la oferta se presenta en la Tabla 4-3.

Se puede observar que en general el periodo proyectado tiene una variación positiva en su oferta hídrica, en comparación al periodo actual, sin embargo, hay que considerar que el periodo actual tiene una oferta 20% menor a la histórica, relacionado a la sequía que ha afectado al país en los últimos años. Por otro lado, si comparamos la última década del periodo proyectado con el periodo actual, la variación proyectada es negativa en tres de

las cinco subcuencas, siendo de un 2% en el río Andalién y un 21% menor en la Isla Quiriquina.

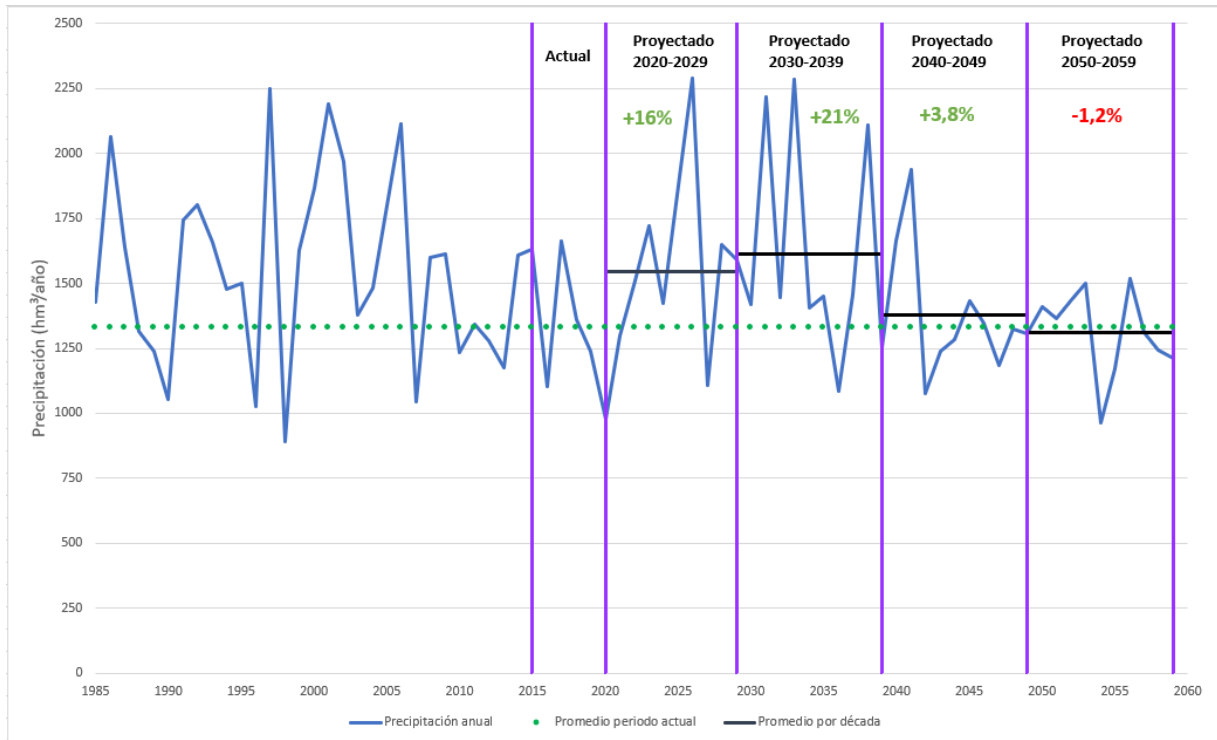
**Tabla 4-3. Oferta superficial cuenca costera entre ríos Itata y Biobío. Periodo actual y proyectado**

| Subcuenca DARH                           | 2021 – 2059<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 2051 – 2059<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Comparación periodos     |                |                          |                |
|------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------------------|----------------|
|                                          |                                       |                                       | 2015-2020/<br>2021 -2059 |                | 2015-2020/<br>2051 -2059 |                |
|                                          |                                       |                                       | Δ                        | Variación<br>% | Δ                        | Variación<br>% |
| Costeras entre ríos Itata y Pingueral    | 144,72                                | 121,30                                | 25,31                    | 21,19%         | 1,89                     | 1,58%          |
| Río Andalién                             | 325,45                                | 279,20                                | 40,28                    | 14,12%         | -5,97                    | -2,09%         |
| Costeras entre ríos Pingueral y Andalién | 137,28                                | 115,57                                | 25,42                    | 22,73%         | 3,70                     | 3,31%          |
| Costeras entre río Andalién y Biobío     | 33,95                                 | 29,11                                 | 2,54                     | 8,07%          | -2,30                    | -7,33%         |
| Isla Quiriquina                          | 1,38                                  | 1,18                                  | -0,10                    | -6,93%         | -0,31                    | -20,78%        |
| <b>Total</b>                             | <b>642,78</b>                         | <b>546,36</b>                         |                          |                |                          |                |

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que la oferta superficial proyectada está directamente relacionada a la precipitación que entrega el modelo MIROC-ESM en la cuenca. En el Gráfico 4-2 se muestra la evolución en el tiempo de la precipitación anual total de la cuenca tanto en el periodo histórico como futuro, y se puede observar que ésta disminuye con respecto al periodo actual sólo en la última década.

**Gráfico 4-2. Variación en la precipitación anual de la cuenca entre 1985 y 2060 y comparación con el periodo actual**



Nota: En valores rojos se presenta la variación porcentual de la precipitación promedio de las décadas del periodo proyectado respecto a la precipitación promedio del periodo actual.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.3 Calidad del agua

La buena calidad del agua, desde ríos, lagos y acuíferos, es esencial para el desarrollo sostenible y la salud de ecosistemas, por lo tanto, conocer la calidad de las masas de agua se vuelve fundamental para su gestión. La calidad ambiental de las aguas se entiende como un agua natural no tratada que se ve afectada por la combinación de influencias naturales y actividades antropogénicas, como las aguas residuales o escorrentía agrícola.

La calidad de las aguas ha sido abordada desde distintos enfoques. En particular, para el presente Plan se ha definido como indicador de la calidad de las aguas a la meta 6.3.2 del Objetivo de Desarrollo Sostenible N°6, Agua Limpia y Saneamiento.

A nivel general, el Indicador ODS 6.3.2 representa el porcentaje de cuerpos de agua monitoreados en un país con buena calidad ambiental del agua. La puntuación general del indicador nacional se basa en el tipo de cuerpo de agua (río, lago, agua subterránea) y en los distritos de cuencas que informan, que se basan en cuencas de ríos grandes individuales o en varias cuencas de ríos más pequeños.

Se entiende como **buena calidad** aquella que no daña las funciones del ecosistema ni provoca algún daño a la salud humana, de acuerdo con el núcleo de indicadores ambientales para calidad del agua. Se pueden utilizar comparaciones entre los valores medidos con estándares de calidad del agua definidos por la legislación nacional o pueden derivar del conocimiento del estado natural o de línea de base de los cuerpos de agua. A nivel normativo, en Chile se pueden aplicar los límites establecidos en la NCh 1.333/78 para diferentes usos, los criterios y cuerpos legales vigentes respecto de Normas Secundarias para Calidad Ambiental (NSCA) a nivel de cuencas hidrográficas, y requisitos para consumo de agua potable de la NCh 409/2005.

Los parámetros de evaluación de calidad del agua pueden considerar 2 niveles, el nivel 1 incluye un set de parámetros simples que se deben medir *in situ* (oxígeno, pH, salinidad o conductividad, nitrógeno y fósforo), mientras que el nivel 2 incluye variables más complejas, como otros parámetros, enfoques biológicos (bioindicadores, por ejemplo), modelos, etc. (Ilustración 4-1).

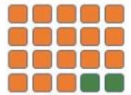


Fuente: UNEP, <https://communities.unep.org/display/sdg632/SDG+6.3.2+Home>.

**Ilustración 4-1. Ejemplos de fuentes de datos del indicador 6.3.2**

Todas las variables del nivel 1 pueden ser medidas en aguas superficiales, mientras que en aguas subterráneas se debe considerar sólo salinidad (conductividad), nitrógeno y pH (acidificación).

Por otro lado, para clasificar si un cuerpo de agua tiene una buena calidad de agua ambiental o no, se utiliza un umbral por el cual el 80% o más de los valores de monitoreo deben cumplir sus objetivos. A continuación, se muestra un esquema simplificado del modo en que se calcula el indicador 6.3.2 (Ilustración 4-2).

| Nivel de puntuación                       | Número | Agregado a la puntuación del indicador                                              |                                                                                     |                                                                                      | Notas                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Puntuación del indicador nacional         | 1      | 50 %                                                                                |                                                                                     |                                                                                      | La puntuación nacional se calcula a partir de las puntuaciones de los RBD. (Esto puede disgregarse por tipo de cuerpo de agua) |
| Puntuación de los RBD                     | 3      | RBD 1<br>50 %                                                                       | RBD 2<br>10 %                                                                       | RBD 3<br>90 %                                                                        | La puntuación de cada RBD se calcula a partir de la puntuación de cada cuerpo de agua                                          |
| Puntuación de los cuerpos de agua         | 60     |  |  |  | Cada cuerpo de agua se clasifica como bueno si 80% o más de sus estaciones de monitoreo son clasificadas como buenas           |
| Puntuación de las estaciones de monitoreo | 240    |  |  |  | Cada cuerpo de agua tiene cuatro estaciones de monitoreo y cada estación se clasifica como buena o no                          |
| Puntuación de los eventos de monitoreo    | 960    |  |  |  | Datos de parámetros principales sobre cuatro eventos de monitoreo se recolectan en cada estación de monitoreo                  |

Fuente: UNEP, <https://communities.unep.org/display/sdg632/SDG+6.3.2+Home>.

**Ilustración 4-2. Ejemplo de cómo las puntuaciones de monitoreos individuales se agregan secuencialmente a los eventos de monitoreos, las puntuaciones de los cuerpos de agua, las puntuaciones de las cuencas hídricas y finalmente las puntuaciones nacionales.**

En resumen, los pasos metodológicos para calcular el ODS 6.3.2 para las cuencas costeras entre el Itata y Biobío deben considerar lo siguiente:

1. Identificación de cuerpos de agua monitoreados.
2. Identificación de calidad de datos.
3. Determinación de umbrales que califiquen aguas de buena y de mala calidad.
4. Clasificación de la calidad del agua.

CEDEUS-DGA (2020) contiene la metodología específica que ha sido utilizada en Chile para establecer el indicador 6.3.2 en diversos cuerpos de agua, que puede ser revisada en la página web: <https://snia.mop.gob.cl/observatorio/>. En particular, este índice ha sido calculado por la DGA para aguas superficiales en las cuencas costeras entre río Itata y río Biobío.

Se indica que DGA no posee una estimación del presente ODS para acuíferos en las cuencas descritas en el presente estudio (Minuta DCPRH N°13, Cálculo del Indicador ODS 6.3.2 en Aguas Subterráneas de fuentes APR, período 2018-2019), probablemente porque no existen datos suficientes sobre la calidad del agua en los acuíferos de esta zona. A continuación, se realiza un análisis de estas consideraciones metodológicas basándose en la metodología de la UNEP, institución custodia del ODS 6.3.2<sup>17</sup>, el Consejo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y CEDEUS-DGA (2020).

#### 4.1.3.1 Identificación de los cuerpos de agua monitoreados

De acuerdo con el Banco Nacional de Aguas (BNA) del Ministerio de Obras Públicas-Dirección General de Aguas (DGA), institución productora de datos de monitoreo de calidad del agua en Chile, en las cuencas costeras entre el río Itata y río Biobío en los últimos 20 años se ha levantado información de calidad de agua en 3 puntos en aguas superficiales: uno en la subcuenca del río Pingueral, uno entre río Pingueral y río Biobío y uno en la subcuenca del río Andalién, cuya localización y número de datos se encuentran en la Tabla 4-4.

**Tabla 4-4. Estaciones de monitoreo Banco Nacional de Aguas (BNA) DGA cuencas costeras entre Itata y Biobío.**

| Código BNA | Nombre                        | Coord. E.<br>WGS 84<br>H19 | Coord. N.<br>WGS 84<br>H19 | Número de<br>datos | Frecuencia |
|------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|------------|
| 08210001-6 | Rio Pingueral en Dichato      | 687.646                    | 5.954.416                  | 14                 | varios     |
| 08200001-1 | Estero Collén en Tomé         | 683.096                    | 5.945.264                  | 55                 | varios     |
| 08220002-9 | Rio Andalién en Puchacay (Ca) | 676.673                    | 5.923.199                  | 54                 | varios     |

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

En la Tabla 4-5 se muestran las variables monitoreadas por estación de muestreo.

<sup>17</sup> Revisado en <https://communities.unep.org/display/sdg632/SDG+6.3.2+Home>

**Tabla 4-5. Variables monitoreadas según Banco Nacional de Aguas (BNA)**

| Variables | Código BNA estaciones |            |            |
|-----------|-----------------------|------------|------------|
|           | 08210001-6            | 08200001-1 | 08220002-9 |
| Al        |                       | X          | X          |
| As        | X                     | X          | X          |
| B         | X                     | X          | X          |
| Bic       |                       |            | X          |
| Carb      |                       |            | X          |
| Cl        | X                     | X          | X          |
| Cd        | X                     | X          | X          |
| Ca        | X                     |            | X          |
| Co        | X                     | X          | X          |
| Cr        | X                     | X          | X          |
| Cu        | X                     | X          | X          |
| CE        | X                     | X          | X          |
| DQO       | X                     | X          | X          |
| Fe        | X                     | X          | X          |
| F         |                       |            |            |
| P         | X                     | X          | X          |
| Mg        | X                     | X          | X          |
| Mn        | X                     | X          | X          |
| Hg        | X                     | X          | X          |
| Mo        |                       | X          | X          |
| NO3       | X                     | X          | X          |
| NO2+NO3   |                       | X          | X          |
| Ni        |                       | X          | X          |
| pH        | X                     | X          | X          |
| Ag        | X                     | X          | X          |
| Pb        | X                     | X          | X          |
| K         | X                     | X          | X          |
| Se        | X                     | X          | X          |
| Na        | X                     | X          | X          |
| OD        | X                     | X          | X          |
| RAS       | X                     |            | X          |
| SO4       | X                     | X          | X          |
| T         | X                     | X          | X          |
| Zn        | X                     | X          | X          |

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



#### 4.1.3.2 Análisis de calidad del agua superficial

Como se ha mencionado anteriormente, la DGA posee una estimación del ODS 6.3.2 disponible, la cual se muestra en la Tabla 4-6. Los resultados indican que la calidad del agua de los cuerpos superficiales en las cuencas costeras entre Itata y Biobío entre el 2015 y 2018 presentan una mejora, desde “no bueno” el 2015 a “bueno” para el resto del período analizado.

De la tabla y la mejora identificada, se indica que el ODS 6.3.2 guarda relación con la evaluación de la calidad en cuerpos de agua, correspondiente al porcentaje de cuerpos de agua monitoreados en un país con buena calidad ambiental del agua. En este indicador mientras mayor sea el porcentaje del índice, mejor es la condición de los cuerpos de agua bajo análisis.

**Tabla 4-6. Indicador DGA para ODS 6.3.2 aguas superficiales**

| Año  | Código cuenca | Indicador | Clasificación ODS 6.3.2 |
|------|---------------|-----------|-------------------------|
| 2015 | 082           | 73,6111   | No Bueno                |
| 2016 | 082           | 94,4444   | Bueno                   |
| 2017 | 082           | 88,8889   | Bueno                   |
| 2018 | 082           | 83,3333   | Bueno                   |

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

Se agrega el antecedente que la evaluación se realiza año a año con los datos de calidad de la temporada correspondiente, y, a modo general, el análisis detrás considera la superación de un límite (que puede ser histórico o normativo) respecto de un set de analitos que indica la metodología. Así, cuando los parámetros se encuentran dentro de rangos de buena calidad en comparación con otro año, entonces puede considerarse una mejora en el índice.

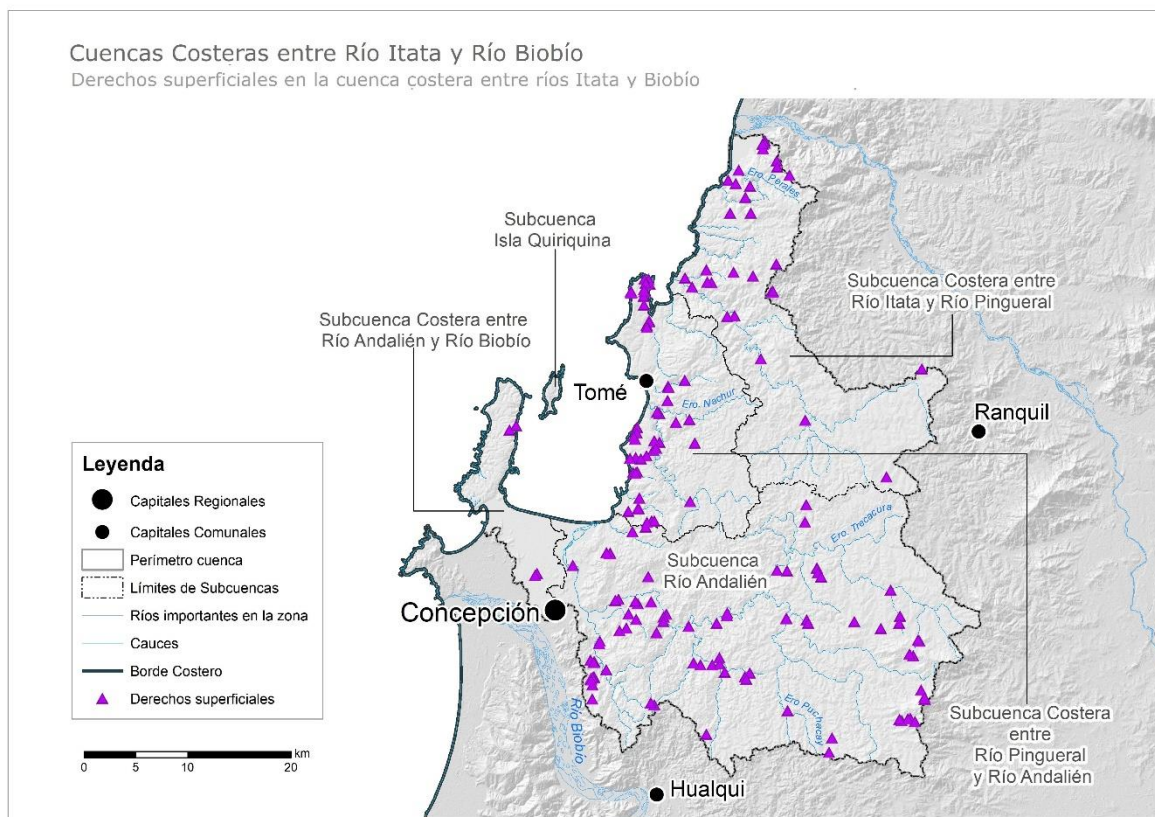
#### 4.1.4 Fuentes de contaminación

Los principales procesos de contaminación de las aguas superficiales se producen en el paso de los cursos de agua por las ciudades, principalmente Concepción y Talcahuano. En este recorrido, reciben el aporte de contaminación difusa producto del arrastre de las aguas lluvias, al mismo tiempo que las aguas son retenidas parcialmente en ciertos sectores, aumentando los tiempos de residencia. No se registró una agricultura de tipo intensivo a lo largo de la cuenca, ni procesos industriales que resulten en descargas de residuos

líquidos. Sin embargo, la industria forestal y los procesos de cosecha a tala rasa pudieran resultar en aumento de la sedimentación y modificación de la escorrentía en cauces y quebradas.

#### 4.1.5 Derechos concedidos

Según la información de derechos de agua concedidos por la DGA, existen 259 derechos de fuente superficial concedidos en la cuenca costera entre ríos Itata y Biobío, los que se visualizan en la Figura 4-3. De los derechos con información sobre su uso (158), 54% de ellos son para bebida/uso doméstico/saneamiento, seguido por un 41% de uso para riego y el 7% restante es para uso industrial y otros usos.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4-3. Derechos de aprovechamiento de agua superficiales**

Sólo 10 de los derechos son de uso no consuntivo, asociados a generación eléctrica, riego o piscicultura. En la Tabla 4-7 se muestra la distribución de caudales concedidos en los

derechos superficiales consuntivos, más del 70% de derechos tiene un caudal menor a 10 L/s.

**Tabla 4-7. Caudales de derechos consuntivos superficiales**

| Caudal mín. (L/s) | Caudal máx. (L/s) | Cantidad de derechos [%] |
|-------------------|-------------------|--------------------------|
| 0                 | 0,99              | 36,3                     |
| 1                 | 9,99              | 39,1                     |
| 10                | 99,99             | 21,0                     |
| 100               | 500               | 3,6                      |

Fuente: Elaboración propia

Respecto de las restricciones jurídicas al otorgamiento de derechos, se identificó una reserva de caudales en el río Pingueral, por 10 l/s, establecida en el año 2016. El motivo es para aprovisionamiento de SSR. No se identificó declaraciones de agotamiento.

## 4.2 Aguas subterráneas

### 4.2.1 Hidrogeología

En la cuenca existen dos Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) definidos y delimitados por la Dirección General de Aguas: SHAC Pingueral y SHAC Río Andalién, los cuales actualmente están declarados como “Abiertos”, es decir que se pueden otorgar nuevos derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas en ellos.

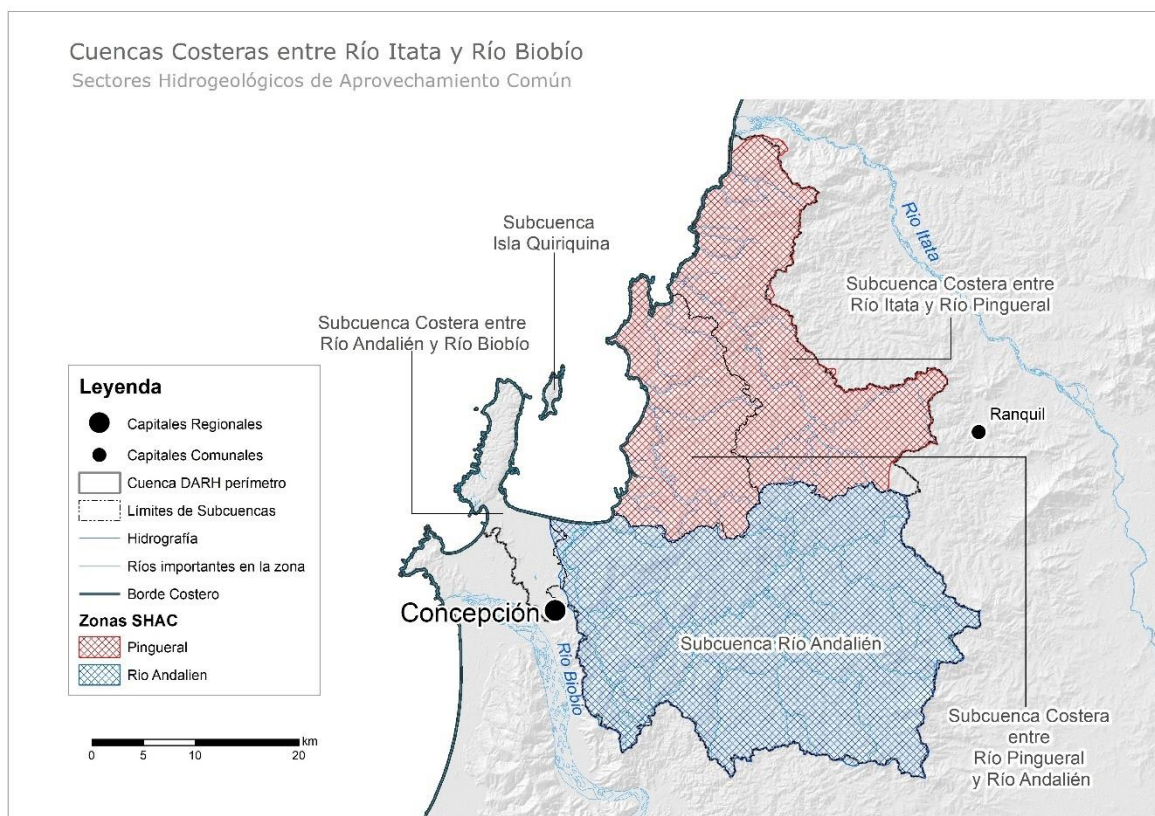
En el estudio “Estimación Preliminar de las Recargas de agua subterránea y Determinación de Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común en las Cuencas de las regiones de Maule, Biobío, La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos” (DGA DARH, 2014) se realizó una estimación preliminar de su recarga media anual considerando el área, precipitación media y coeficiente de infiltración.

**Tabla 4-8 Área y recarga media anual de SHAC**

| SHAC         | Área (km <sup>2</sup> ) | Recarga media anual (m <sup>3</sup> /año) | Recarga media anual (L/s) |
|--------------|-------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|
| Pingueral    | 605,8                   | 14.745.055                                | 468                       |
| Río Andalién | 799,6                   | 20.753.935                                | 658                       |
| <b>Total</b> | <b>1.405,4</b>          | <b>35.498.990</b>                         | <b>1.126</b>              |

Fuente: Elaboración propia a partir de DGA DARH (2014)

Los SHAC de la cuenca se visualizan en la Figura 4-4 y el área y recarga media anual estimada en el estudio mencionado se presentan en la Tabla 4-8.



Fuente: Elaboración propia a partir de DGA (2019)

**Figura 4-4. Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC)**

#### 4.2.2 Oferta en la Fuente

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

#### 4.2.2.1 Oferta Histórica y actual

Para la caracterización de la oferta subterránea en los SHAC, se utiliza la Recarga ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ), el Volumen o Stock ( $\text{hm}^3$ ), y la profundidad de la napa (m.b.n.t.). En Tabla 4-9, Tabla 4-10 y Tabla 4-11 se presentan los datos de volumen de agua, recarga y profundidad de la napa en los SHAC, para el periodo histórico y actual.

Se debe tener presente que los valores de recarga y volumen que se presentan provienen desde la modelación WEAP. En esta línea, dado el hecho de que el modelo no incluye una modelación subterránea sofisticada (como podría ser un modelo MODFLOW), estos valores podrían ser mejor estimados en un estudio futuro que sí contemple una modelación subterránea más especializada. Como componentes importantes en el análisis, se tiene que por ejemplo el modelo construido en esta oportunidad no contempla recarga proveniente desde cauces superficiales o que, como se detalla en el Anexo H, los flujos entre SHAC corresponden a estimaciones gruesas y generales. De esta forma, estos valores deben ser tomados y considerados con el cuidado necesario al momento de la toma de decisiones.

Con respecto a la recarga, se puede observar que para ambos SHAC este valor es menor en el periodo actual que en el histórico, siendo un 21% menor en el caso del SHAC del río Andalién y un 20% para el SHAC del río Pingueral. El comportamiento es el mismo para el volumen húmedo o stock, disminuyendo en un 20% y 14%, respectivamente. Es importante señalar que **los valores de recarga son más confiables y se recomienda considerarlos en toma de decisiones por sobre los valores de volúmenes**, ya que están vinculados a la componente superficial que fue debidamente calibrada.

**Tabla 4-9. Recarga de los SHAC. Periodo histórico y actual**

| SHAC         | 1990 – 2020<br>( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) | Histórico<br>1990 - 2014<br>( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) | Actual<br>2015 - 2020<br>( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) |
|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Andalién     | 214,12                                      | 223,50                                                   | 175,07                                                |
| Pingueral    | 127,70                                      | 132,84                                                   | 106,29                                                |
| <b>Total</b> | <b>341,82</b>                               | <b>356,34</b>                                            | <b>281,36</b>                                         |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4-10. Volumen húmedo de los SHAC. Periodo histórico y actual**

| SHAC         | 1990 – 2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Histórico<br>1990 - 2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Actual<br>2015 - 2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) |
|--------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Andalién     | 116,40                                | 121,11                                             | 96,75                                           |
| Pingual      | 673,32                                | 692,47                                             | 593,53                                          |
| <b>Total</b> | <b>789,72</b>                         | <b>813,58</b>                                      | <b>690,28</b>                                   |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4-11 Profundidad media del nivel estático de los SHAC**

| SHAC     | Profundidad promedio de<br>nivel estático (m.b.n.t.) |
|----------|------------------------------------------------------|
| Andalién | 1,00                                                 |
| Pingual  | 2,14                                                 |

Nota: Valores obtenidos con base en resultados de estimación de nivel estático en la cuenca en estudio (para más detalles de este cálculo, ver Anexo H). Son valores que provienen de la modelación conceptual subterránea, no de la modelación numérica WEAP.

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, la Tabla 4-11 da cuenta de los niveles someros del agua subterránea en ambos SHAC, siendo la profundidad media de sólo 1 metro para el río Andalién, donde se ubica la zona acuífera más grande e importante de la cuenca, mientras que en el SHAC del río Pingual la profundidad es de 2,1 metros en promedio. Cabe señalar que los valores de niveles estáticos se obtuvieron a partir del análisis de resultados de la campaña TEM y de la información recopilada de algunos expedientes de derechos de agua. No son valores provenientes de la modelación numérica, sino valores estimados para su uso en el modelo conceptual subterráneo del presente plan.

#### 4.2.2.2 Oferta Proyectada

La oferta proyectada corresponde a los valores de recarga y volumen húmedo de cada SHAC para el periodo futuro bajo el modelo de cambio climático MIROC-ESM.

En la Tabla 4-12 se presenta la recarga media anual para el periodo proyectado y la comparación con el periodo actual. La recarga promedio para todo el periodo proyectado aumenta en comparación con el periodo actual entre un 13% y 20%. Sin embargo, comparando la última década del periodo proyectado con el periodo actual, la recarga



muestra una disminución de un 2,6% para el SHAC del río Andalién y un leve aumento de 2,1% en el SHAC Pingueral. Estos resultados coinciden con lo expuesto en el capítulo 4.1.2 de oferta superficial y con la evolución de la precipitación en el periodo proyectado según el GCM seleccionado. Por otro lado, el stock de la zona acuífera también proyecta un aumento en el periodo futuro con respecto al periodo actual, pero considerando sólo la última década del periodo futuro el volumen húmedo disminuiría entre un 3% y un 4%.

**Tabla 4-12. Recarga de los SHAC. Periodo actual y proyectado**

| SHAC         | 2021 – 2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 2051 – 2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Comparación periodos     |             |                          |             |
|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|              |                                       |                                       | 2015-2020/<br>2021 -2060 |             | 2015-2020/<br>2051 -2060 |             |
|              |                                       |                                       | Δ                        | Variación % | Δ                        | Variación % |
| Andalién     | 197,35                                | 170,58                                | 22,28                    | 12,73%      | -4,48                    | -2,56%      |
| Pingueral    | 127,21                                | 108,52                                | 20,93                    | 19,69%      | 2,23                     | 2,10%       |
| <b>Total</b> | <b>324,56</b>                         | <b>279,1</b>                          |                          |             |                          |             |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4-13. Volumen húmedo de los SHAC. Periodo actual y proyectado**

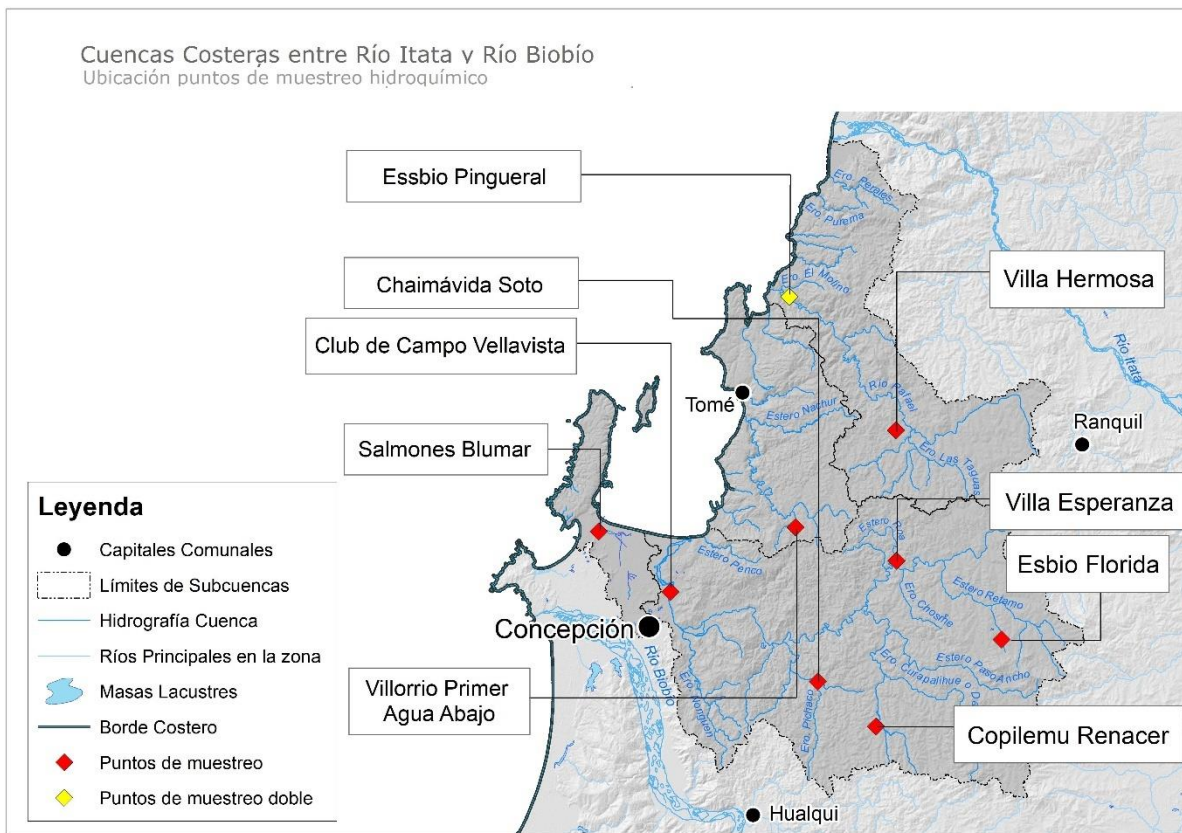
| SHAC         | 2021 – 2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 2051 – 2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Comparación periodos     |             |                          |             |
|--------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|              |                                       |                                       | 2015-2020/<br>2021 -2060 |             | 2015-2020/<br>2051 -2060 |             |
|              |                                       |                                       | Δ                        | Variación % | Δ                        | Variación % |
| Andalién     | 106,97                                | 92,89                                 | 10,23                    | 10,57%      | -3,86                    | -3,99%      |
| Pingueral    | 647,71                                | 575,59                                | 54,17                    | 9,13%       | -17,94                   | -3,02%      |
| <b>Total</b> | <b>754,68</b>                         | <b>668,48</b>                         |                          |             |                          |             |

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3 Calidad del Agua

Como se mencionó anteriormente, la DGA no posee un cálculo del ODS 6.3.2 para acuíferos en las cuencas costeras entre Itata y Biobío. Tampoco se encontraron datos disponibles en el BNA para realizar un cálculo estimativo en el marco del presente estudio, sin embargo, el trabajo realizado por el equipo responsable permite entregar antecedentes sobre la calidad de aguas subterráneas.

Como parte de los trabajos en terreno desarrollados para este estudio, se realizó una campaña de muestreo para análisis hidroquímico e isotópico en nueve pozos dentro de la cuenca, los que se presentan en la Figura 4-5.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4-5. Puntos de muestreo hidroquímico**

#### 4.2.3.1 Análisis Hidrogeoquímico

El análisis hidrogeoquímico se realizó según la norma NCh 409 de Agua Potable, para 10 muestras de agua (un punto de muestra duplicada). A modo de resumen, se presenta la Tabla 4-14 con las estadísticas de valores medidos para cada uno de los parámetros analizados y los rangos o límites permitidos según la NCh 409 y NCh 1333 (Riego).



**Tabla 4-14 Resumen de estadísticas para los parámetros de las 10 muestras**

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

| Parámetro                       | Unidad                | promedio | min   | máx   | desv    | Límites<br>NCh 409 | Límites<br>NCh 1333 |
|---------------------------------|-----------------------|----------|-------|-------|---------|--------------------|---------------------|
| Nitrógeno total Kjeldahl        | mg N/L                | 0,62     | 0,521 | 0,777 | 9,2E-02 | -                  | -                   |
| pH                              | unidad de pH          | 7,22     | 6,45  | 8,28  | 5,7E-01 | 6,5<pH<8,5         | 5,5 - 9,0           |
| pH en terreno                   | unidad de pH          | 6,70     | 5,89  | 8,06  | 8,2E-01 | -                  | 5,5 - 9,0           |
| Plata                           | mg Ag/L               | 0,002    | 0,002 | 0,002 | 4,6E-19 | -                  | 0,200               |
| Plomo                           | mg Pb/L               | 0,01     | 0,01  | 0,01  | 1,8E-18 | 0,050              | 5,000               |
| Potasio                         | mg K/L                | 2,53     | 0,212 | 14,3  | 4,3E+00 | -                  | -                   |
| Potencial-Oxido Reducción (ORD) | mv                    | 183,1    | 128   | 209   | 2,3E+01 | -                  | -                   |
| Selenio                         | mg Se/L               | 0,005    | 0,005 | 0,005 | 9,1E-19 | 0,010              | 0,020               |
| Silicio                         | mg Si/L               | 13,36    | 5,58  | 29,39 | 7,2E+00 | -                  | -                   |
| Sodio                           | mg Na/L               | 18,43    | 9,12  | 62,4  | 1,6E+01 | -                  | 35                  |
| Sulfatos                        | mg SO <sub>4</sub> /L | 9,93     | 1     | 56,8  | 1,8E+01 | 500                | 250                 |
| Temperatura                     | °C                    | 20,45    | 19,5  | 20,9  | 6,1E-01 | -                  | -                   |
| Temperatura en terreno          | °C                    | 15,86    | 15    | 16,8  | 5,6E-01 | -                  | -                   |
| Vanadio                         | mg V/L                | 0,008    | 0,008 | 0,008 | 1,8E-18 | -                  | 0,100               |

Fuente: Elaboración propia

En general las muestras analizadas cumplen con los valores permitidos en las normas, salvo algunas excepciones, como el pH de la muestra de Villa Esperanza (pH= 6,45), el sodio en la muestra de Salmones Blumar (62,4 mg Na/L), el hierro es mayor a lo permitido por la NCh 409 en 7 de las 10 muestras y, por último, el manganeso también supera el máximo en 3 de las 10 muestras. El hierro y el manganeso no son peligrosos para la salud, sin embargo, las aguas afectadas que exceden el contenido permitido requieren tratamientos según sus características y concentraciones, según la U.S. Environmental Protection Agency (1984; 2004).

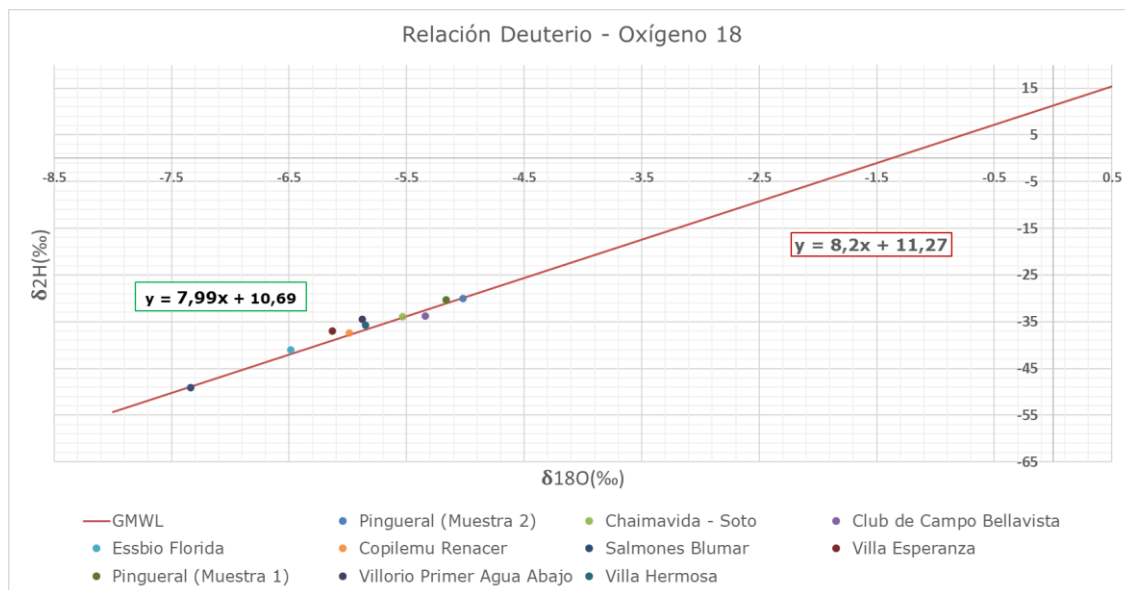
#### 4.2.3.2 Análisis Isotópico

El análisis de isótopos deuterio (<sup>2</sup>H) y oxígeno-18 (<sup>18</sup>O) en las muestras tomadas en terreno fue realizado por el laboratorio canadiense del Global Institute for Water Security. El fin del análisis es encontrar enriquecimiento o empobrecimiento de isótopos pesados, con lo que se puede concluir que existieron procesos como la evaporación, entre otros, entre el momento de la precipitación y la infiltración. Además, se puede estimar la antigüedad del

agua, considerando como su origen el proceso de precipitación. Al comparar aguas de distintas zonas, se puede buscar una conexión entre sectores si las composiciones isotópicas son similares.

En el Gráfico 4-3 se presenta el gráfico de  $^2\text{H}$  y  $^{18}\text{O}$  para las muestras de la zona de estudio. En la figura se puede observar la línea meteórica mundial (GMWL) que muestra la relación entre  $^2\text{H}$  y  $^{18}\text{O}$  para las precipitaciones de todo el mundo, medida con respecto a un agua oceánica standard (Standard de Agua Oceánica Media – SMOW).

**Gráfico 4-3. Relación Deuterio – Oxígeno 18 para las muestras analizadas**



Nota: En cuadro verde se encuentra la regresión obtenida a partir de las muestras realizadas y en cuadro rojo la regresión obtenida a partir de la línea meteórica mundial

Fuente: Elaboración propia

Del esquema anterior, se observa que las muestras se encuentran sobre la línea meteórica mundial y que no hay líneas de evaporación, esto se coincide con la inexistencia de lagos o grandes reservorios de agua susceptibles a evaporar.

Para mayor detalle del análisis hidrogeoquímico e isotópico, consultar el anexo H.

#### 4.2.4 Fuentes de contaminación

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

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

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

#### 4.2.5 Derechos concedidos

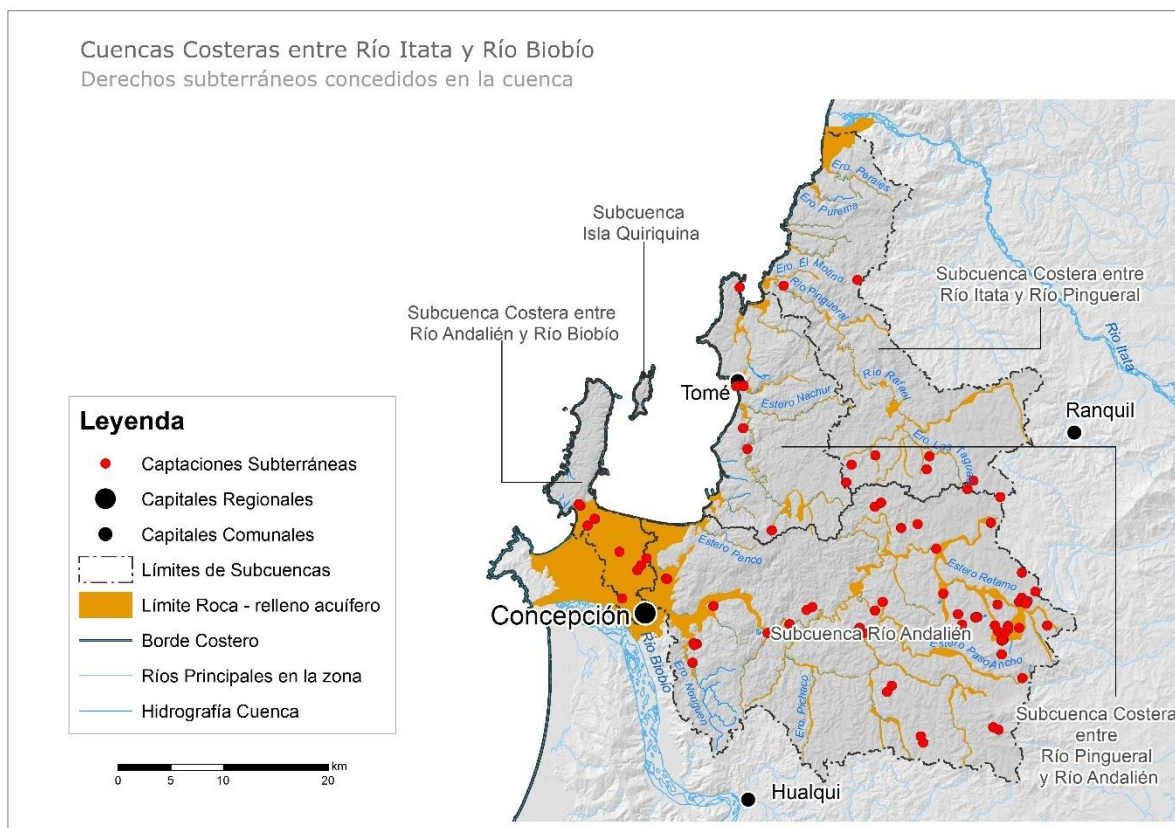
Según la información de derechos de agua concedidos por la DGA, en la cuenca costera entre ríos Itata y Biobío existen 90 derechos subterráneos con caudales asociados mayores a 1 L/s. La ubicación de estas extracciones se muestra en la Figura 4-6. Los derechos son todos de uso consuntivo, el 50% se utiliza para bebida, uso doméstico o saneamiento, el 30% para riego y el 20% restante se divide entre uso forestal y distintas industrias. En la Tabla 4-15 se muestra la distribución de caudales según rangos, se observa que el 83% de las extracciones tiene un caudal menor a 5 L/s.

Desde el punto de vista jurídico, no se identificó áreas de restricción o zonas de restricción para el otorgamiento de derechos de aprovechamiento de agua de tipo subterráneo.

**Tabla 4-15. Caudales de derechos subterráneos**

| Caudal mínimo (L/s) | Caudal máximo (L/s) | Cantidad de derechos [%] |
|---------------------|---------------------|--------------------------|
| 1                   | 4,99                | 83,30                    |
| 5                   | 19,99               | 12,20                    |
| 20                  | 25,00               | 4,50                     |

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Figura 4-6. Derechos de aprovechamiento de agua subterráneos**

## 5 BALANCE DE AGUA

### 5.1 Modelo de Simulación

El presente estudio comprende el desarrollo de un modelo hidrológico en el programa WEAP (*Water Evaluation And Planning System*), que es una plataforma orientada especialmente a la modelación de aguas superficiales y a la gestión del recurso hídrico, en ella se simulan los procesos hidrológicos y las principales actividades asociadas al uso de agua en la cuenca.

La escala temporal del modelo es mensual, y comprende un período histórico (abril 1985 – marzo 2020) y uno proyectado (abril 2020 a marzo 2060). Este periodo proyectado incluye

forzantes meteorológicas (precipitación y temperatura) en las que han sido considerados los efectos del cambio climático, dado que se utilizan los resultados de un modelo GCM obtenidos desde el estudio Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de la Macrozona Sur y Parte Norte de la Macrozona Austral (DGA, 2019).

Más detalles sobre la modelación hidrológica se pueden consultar a lo largo del Anexo H de este informe.

### 5.1.1 Modelo Conceptual Hidrogeológico

El modelo hidrogeológico conceptual fue definido en base a distintas fuentes de información y datos recopilados en terreno, entre los que se incluyen pruebas de bombeo descritos en expedientes de derechos de agua, imágenes satelitales, carta geológica y geomorfológica de la cuenca y la interpretación de los resultados de las campañas geofísicas realizadas.

En primer lugar, se delimitó la capa de sectores acuíferos en la cuenca, la cual se construyó principalmente a partir de cartas geológicas y estudios anteriores. Un atributo importante de estos sectores acuíferos es la profundidad que alcanzan, ya que se relaciona directamente con su capacidad de almacenar agua, esta información se conceptualiza en la capa de profundidad de basamento (**Figura 5-1**), la cual se construyó a partir de resultados de la campaña gravimétrica ejecutada.

En base a lo anterior, se identifica que la zona acuífera más interesante se ubica en el sector de las ciudades de Concepción y Talcahuano, donde se encontraron profundidades mayores a 300 m en algunos puntos.

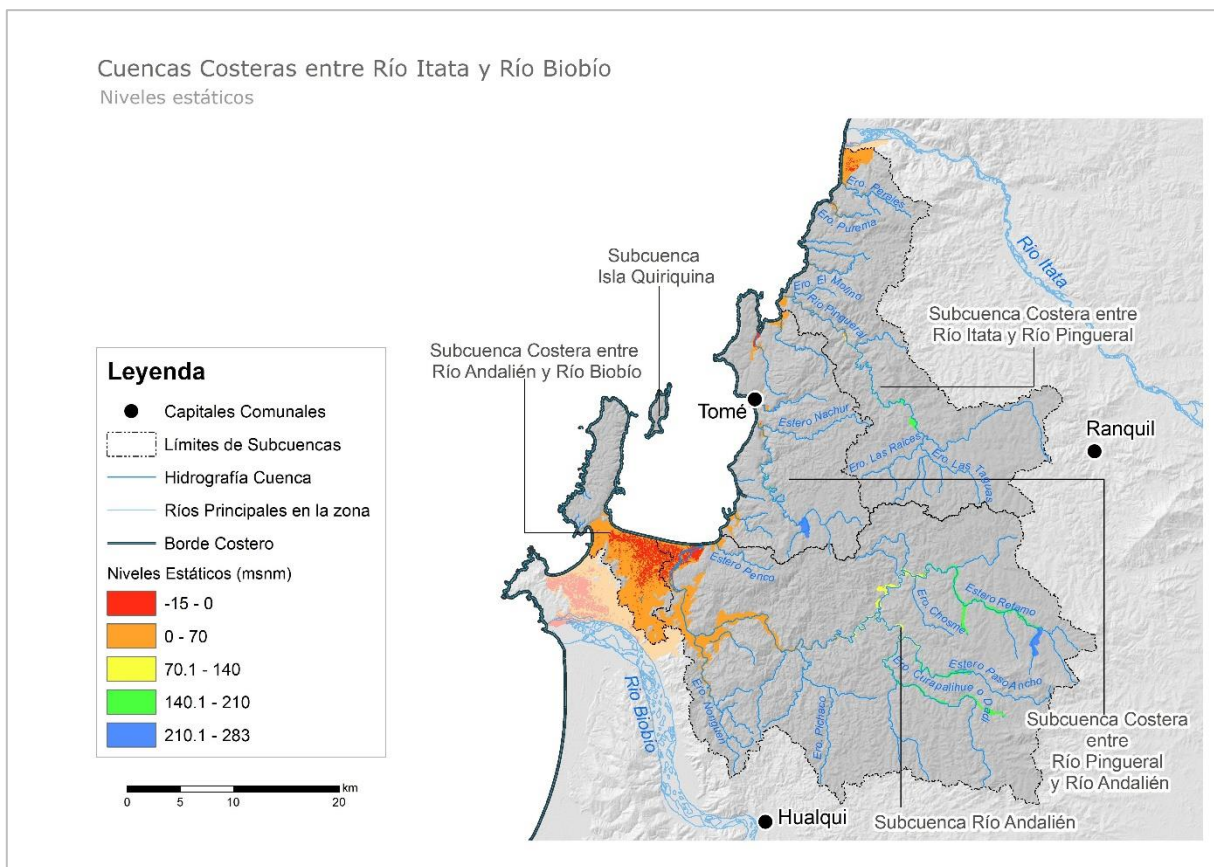
Siguiendo con la interpretación de las campañas geofísicas, se estimaron los niveles estáticos principalmente a partir de las estaciones TEM (**Figura 5-2**), los que son bastante someros, sobre todo cerca de la costa. Los valores más altos coinciden con las zonas más elevadas de la cuenca.

Además, para tener una noción de si el acuífero es un buen reservorio de agua, se estimaron sus permeabilidades, a partir de la campaña TEM y de información de expedientes de pozos, cuyos resultados se muestran en la **Figura 5-3**. En general, en las zonas más extensas del acuífero, las permeabilidades son bastante homogéneas y se mueven en un rango entre los 0,05 y 10 m/d, mientras que los valores más altos, algunos incluso cercanos a 200 m/d, se encuentran en los cauces de los ríos y esteros.





Por último, a partir de antecedentes descritos anteriormente, tales como geología del área de estudio, límite de relleno sedimentario, campaña geofísica en terreno utilizando el método TEM e información de pozos con documentación estratigráfica del suelo se buscó definir distintas unidades hidrogeológicas en el acuífero de la cuenca. Es importante recalcar que los resultados TEM poseen un nivel de incertidumbre considerable en zonas con una significativa presencia de agua, provocando que las resistividades en los resultados no logren identificar correctamente las distintas granulometrías y texturas del suelo.



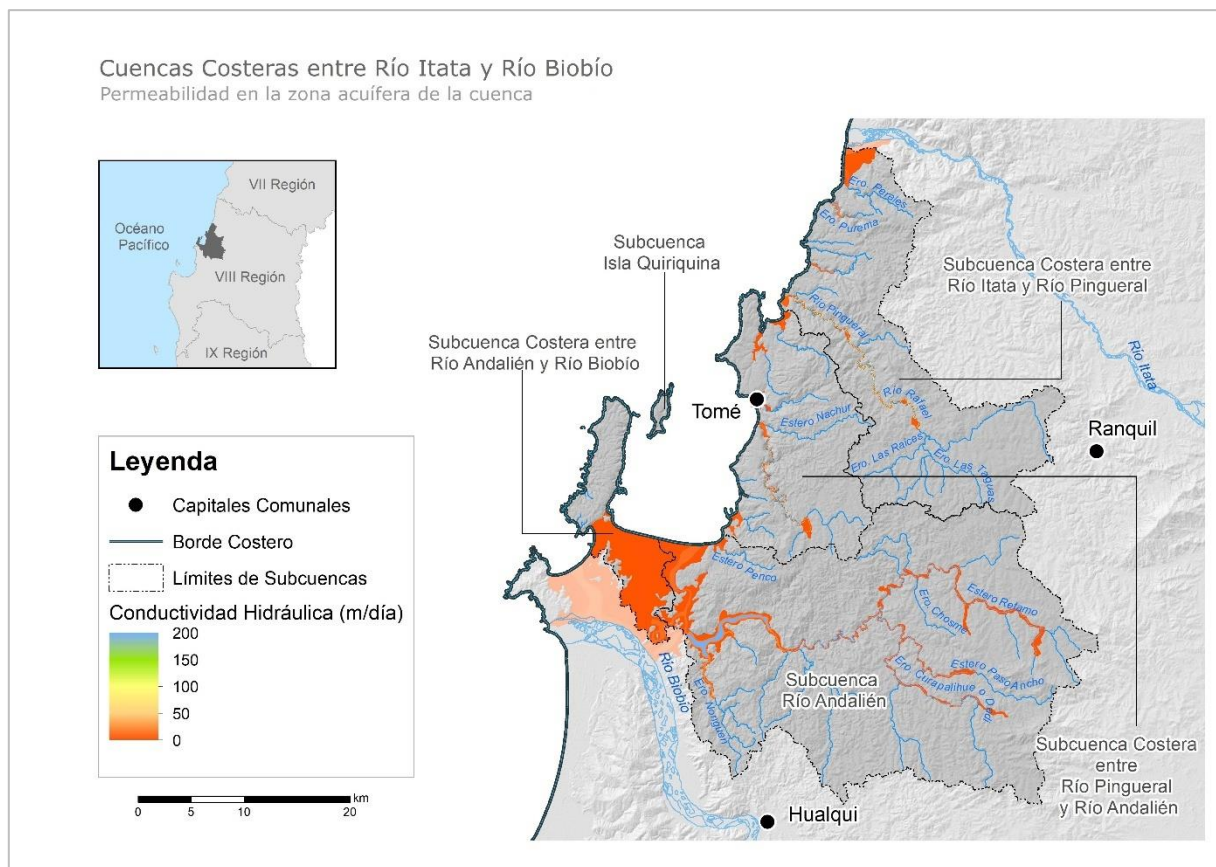
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-2. Cota de niveles estáticos en la zona acuífera de la cuenca**

En base a lo anterior se definieron principalmente 4 unidades hidrogeológicas, cuyas características principales son las siguientes:

- UGH 1: Corresponde principalmente a la zona del plano de la ciudad de Concepción, la cual está formada por deposición fluvial de las distintas descargas históricas de la desembocadura del río Biobío al mar. Los suelos en esta unidad presentan texturas de arena gruesa, media y fina, con escaso limo y arcilla, principalmente ubicados en los entornos de los cordones de cerro dentro de esta área. Además, no existe una compactación considerable y mantienen una permeabilidad alta a media, es decir, valores entre 0,1 a 1 cm/s, y una resistividad en torno a los 150 y 250 Ohm-m.





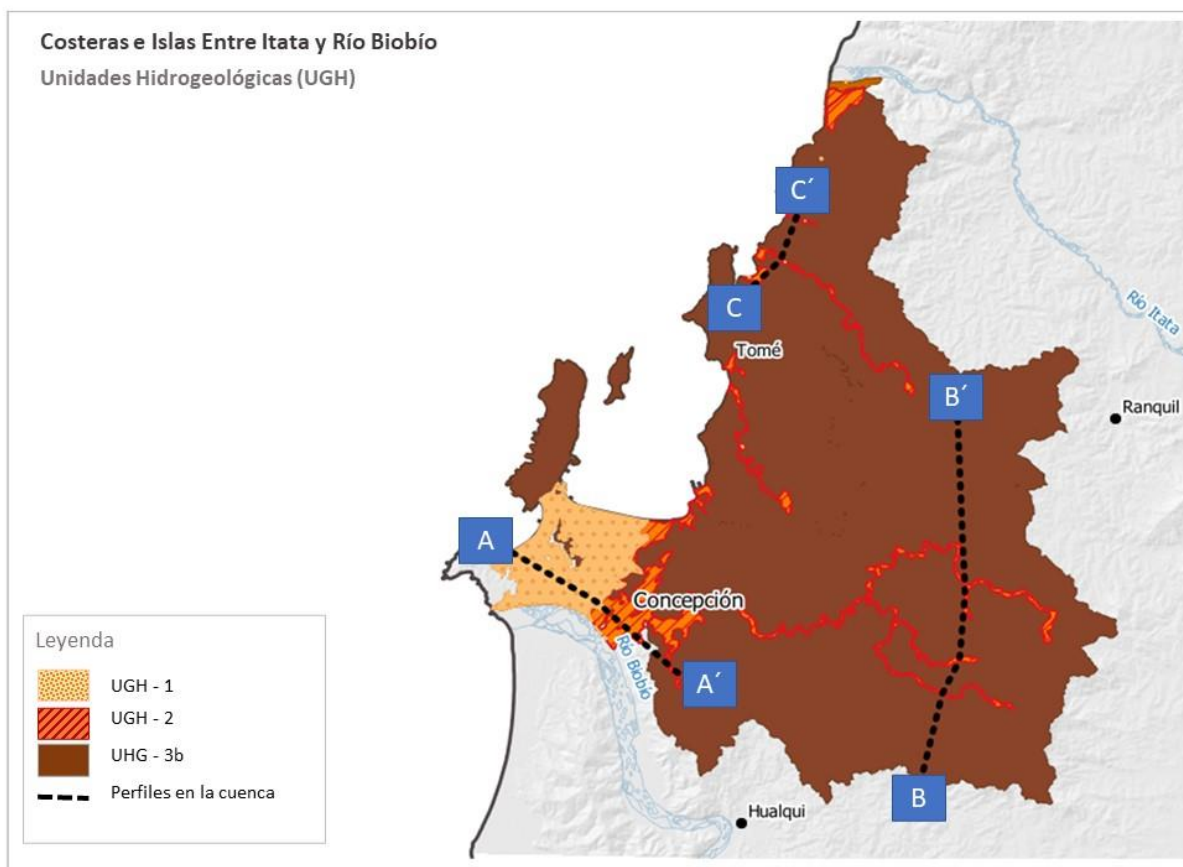
Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-3. Permeabilidad en la zona acuífera de la cuenca**

- UGH 2: Representa sectores con rellenos sedimentarios de carácter fluvial asociados a quebradas naturales de escurrimiento de evacuación de lluvias. Los suelos poseen texturas de arenas medias, gravas y arcillas con una compactación media. La permeabilidad y resistividad en sus suelos es moderada ( $1 \times 10^{-5}$  a  $1 \times 10^{-2}$  cm/s) (10 a 100 Ohm-m) variable según el desarrollo de los cauces
- UGH 3<sup>a</sup>: Representa suelos semi impermeables correspondientes a materiales erosionados de rocas intrusivas, de poco espesor y con predominancia de texturas arcillo-limosas y arenas finas. Se ubican principalmente en zonas de contacto roca relleno con presencia de maicillo o roca meteorizada. Mantienen permeabilidades y resistividades bajas ( $1 \times 10^{-10}$  hasta  $1 \times 10^{-4}$ ) (1 a 4 Ohm-m)

- UGH 3b: Representan suelos impermeables con presencia principalmente de rocas intrusivas del Carbonífero, constituidas principalmente por granitos.

Su representación espacial a nivel horizontal se muestra en la **Figura 5-4**. Además, en la misma figura se muestra la ubicación de los principales perfiles transversales representados, los cuales se muestran en la Ilustración 5-1.



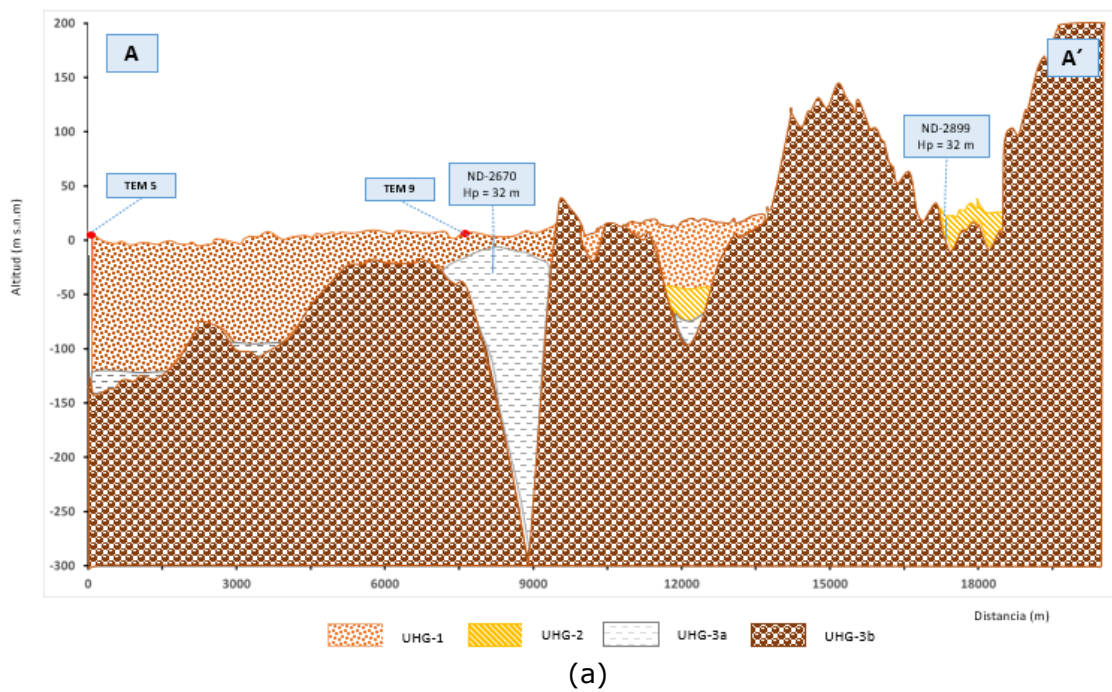
Fuente: Elaboración propia

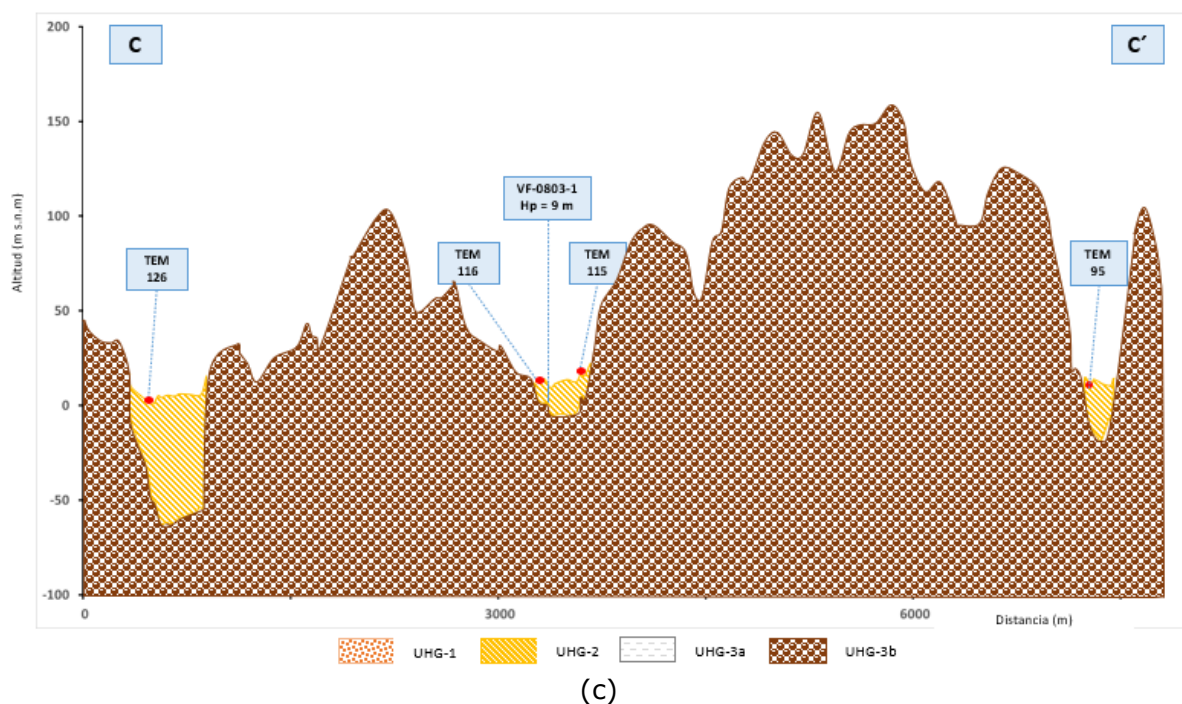
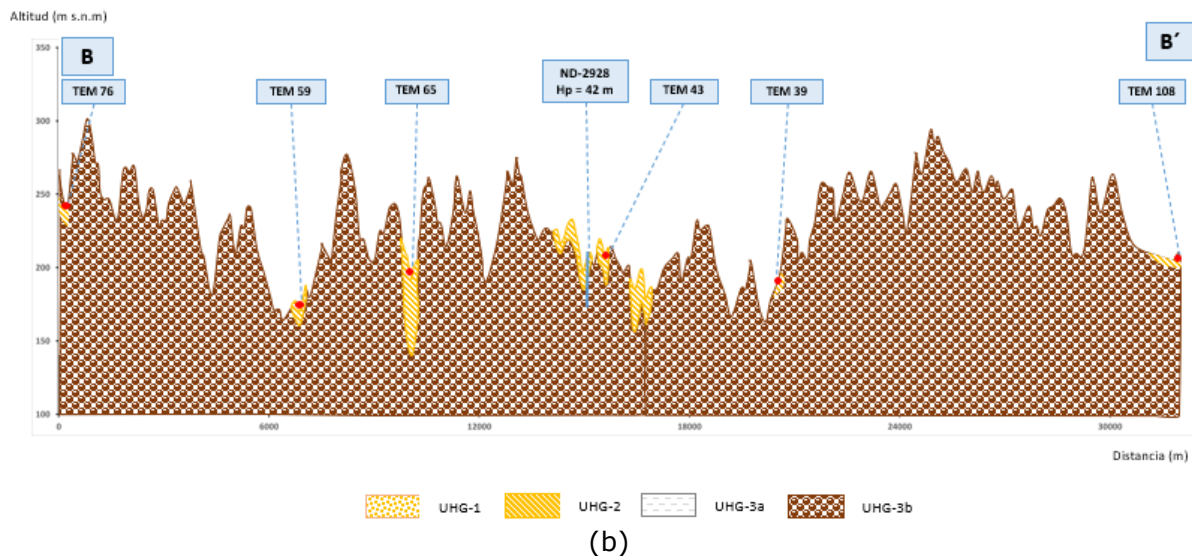
**Figura 5-4. Distribución espacial de Unidades hidrogeológicas**

Es importante hacer hincapié en que la representación de las distintas unidades hidrogeológicas en profundidad forma parte de una interpretación en base a información actualmente disponible, pero que requiere un estudio en mayor detalle para precisar la información del área de estudio. Esto último se demuestra en la interpretación de perfiles TEM realizados en las campañas al identificar la estratigrafía a partir de los datos de

resistividad del suelo y los límites que existen en el basamento, los cuales se encuentran adjuntos en el Anexo H-1.

La definición de unidades hidrogeológicas y las distintas propiedades del suelo identificadas en la cuenca forman parte esencial de la conceptualización de los flujos a nivel subterráneo, la cual se muestra en la **Figura 5-5**. En esta representación conceptual se observa la delimitación del área acuífera, las cotas del basamento y niveles estáticos estimadas, la ubicación de las extracciones subterráneas y se representan también las condiciones de borde y direcciones de flujo, con el fin de lograr un entendimiento global del funcionamiento subterráneo de la cuenca. En general, los flujos se mueven en dirección Este-Oeste producto de la pendiente de la cuenca, siendo principalmente depositados o almacenados en el sector de la ciudad de Concepción, cuya zona costera con orientación al norte representa la principal salida al mar desde el acuífero. Más al norte, las quebradas que provienen de la cordillera de la costa generan una desembocadura al mar, pero con una menor magnitud con relación al intercambio de agua dulce y salada que ocurren en la zona costera de Concepción. Esto puede representar que las comunidades ubicadas al norte de la cuenca se vean más amenazadas a la falta de disponibilidad hídrica dado que los suministros de los sectores de acuífero son bajos, generando una mayor dependencia del recurso superficial.

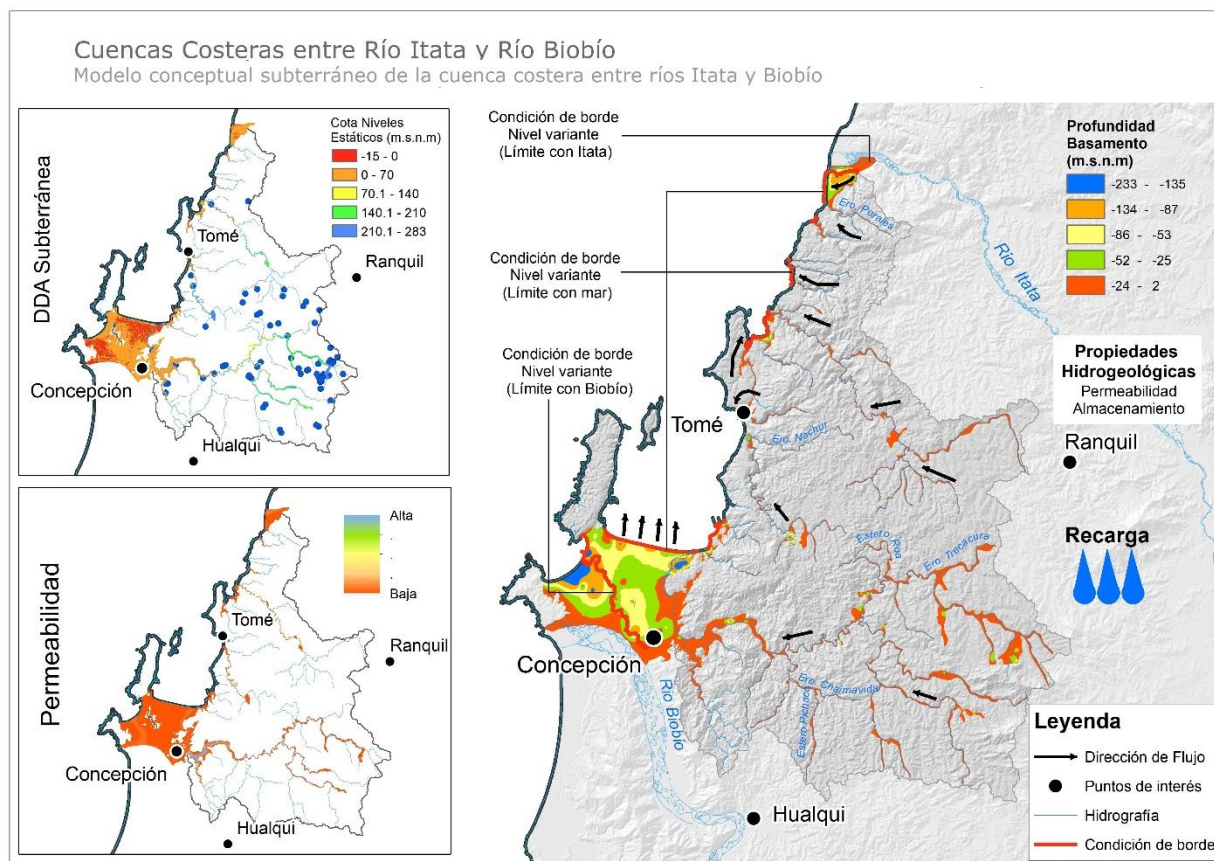




Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 5-1. Perfiles Transversales en la cuenca Itata – Biobío para la identificación de Unidades hidrogeológicas. (a) Perfil A-A'; (b) Perfil B-B' y (c) Perfil C-C'.**





Fuente: Elaboración propia

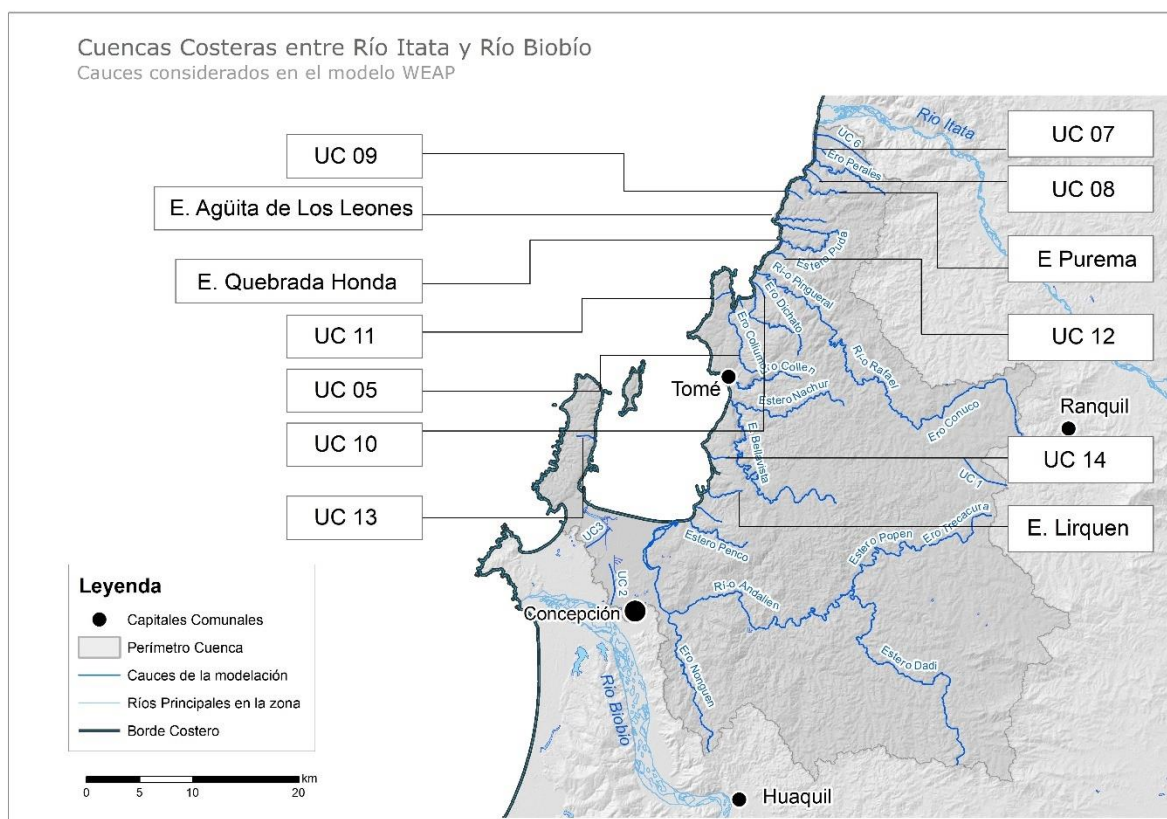
**Figura 5-5. Modelo conceptual subterráneo**

## 5.1.2 Descripción del Modelo Numérico superficial

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

### 5.1.2.1 Cauces superficiales (elementos "Río" o "River")

Se consideran los principales ríos y esteros dentro de la zona de estudio, los cuales se ingresan al modelo como un elemento "River". Éstos corresponden a elementos lineales que a los que se realizan aportes y extracciones de caudal desde otros elementos de WEAP.



Nota: UC: Unificación Costeras

Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-6. Cauces incluidos en el modelo WEAP**

En la Tabla 5-1 y Figura 5-6 se muestran los 36 cauces considerados, 17 de los cuales corresponden a una unificación de quebradas costeras que son muy pequeñas para incluirlas por sí solas en la modelación.

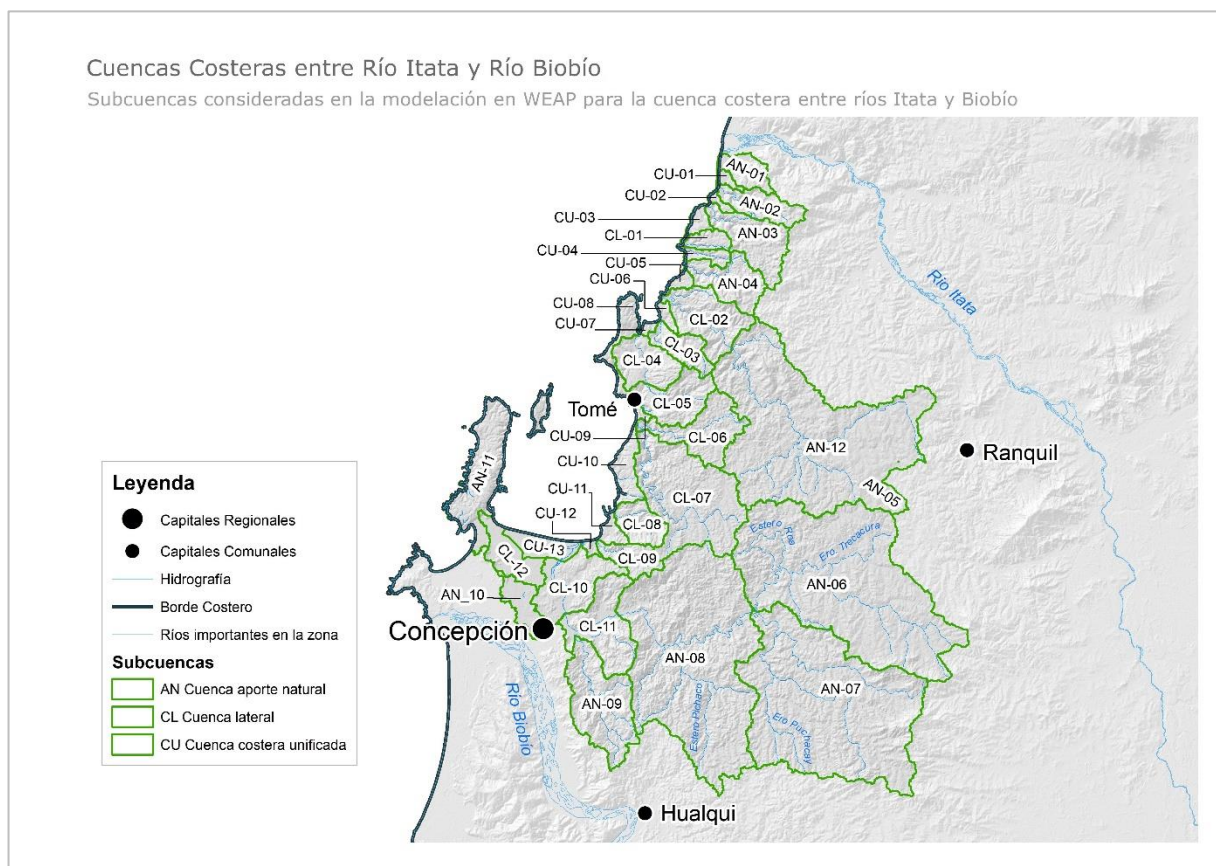
**Tabla 5-1. Cauces superficiales incluidos en la modelación WEAP**

| Nombre cauces superficiales |                             |    |                         |
|-----------------------------|-----------------------------|----|-------------------------|
| 1                           | Río Andalién                | 19 | Estero Quebrada Honda   |
| 2                           | Río Pingual                 | 20 | Unificación Costeras 1  |
| 3                           | Río Rafael                  | 21 | Unificación Costeras 2  |
| 4                           | Estero Agüita de Los Leones | 22 | Unificación Costeras 3  |
| 5                           | Estero Bellavista           | 23 | Unificación Costeras 4  |
| 6                           | Estero Coliumo              | 24 | Unificación Costeras 5  |
| 7                           | Estero Collen               | 25 | Unificación Costeras 6  |
| 8                           | Estero Conuco               | 26 | Unificación Costeras 7  |
| 9                           | Estero Dadi                 | 27 | Unificación Costeras 8  |
| 10                          | Estero Dichato              | 28 | Unificación Costeras 9  |
| 11                          | Estero Lirquén              | 29 | Unificación Costeras 10 |
| 12                          | Estero Nachur               | 30 | Unificación Costeras 11 |
| 13                          | Estero Nonguén              | 31 | Unificación Costeras 12 |
| 14                          | Estero Penco                | 32 | Unificación Costeras 13 |
| 15                          | Estero Perales              | 33 | Unificación Costeras 14 |
| 16                          | Estero Popen                | 34 | Unificación Costeras 15 |
| 17                          | Estero Pudá                 | 35 | Unificación Costeras 16 |
| 18                          | Estero Purema               | 36 | Unificación Costeras 17 |

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.2.2 Subcuencas (elementos “Unidad Hidrológica” o “Catchment”)

Para una modelación más precisa, la cuenca es dividida en subcuencas que son representadas en WEAP con elementos “Unidad Hidrológica” o “Catchment”. Para estas subdivisiones se han tomado en consideración criterios como la delimitación de subcuencas del DARH, la existencia de Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC), la presencia de estaciones fluviométricas y la presencia de humedales u otras zonas de importancia hidrológica. En total se tienen 37 subcuencas, presentadas en la Figura 5-7, las cuales se pueden categorizar como: cuencas “AN” de aporte natural (cuencas de cabecera, que no reciben aporte superficial desde otras cuencas), cuencas laterales “CL” que sí reciben aporte desde otras cuencas, y cuencas costeras unificadas “CU”, que corresponden a la unión de varias subcuencas costeras de tamaño reducido, agrupación realizada para facilitar el manejo de la modelación.



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5-7. Subcuencas consideradas en la modelación en WEAP**



### 5.1.2.3 Bandas de elevación

Cuencas Costeras entre Río Itata y Río Biobío

Bandas de elevación consideradas en la modelación en WEAP

El mapa muestra la hidrografía de la zona costera entre los ríos Itata y Biobío. Las subcuencas de modelación WEAP están delimitadas por líneas verdes y etiquetadas como: Estero Yumbur, Rio Rapel, Rio Maipo, Rio Los Tapes, Estero Retamo, Estero Sagrada, Rio Puelo y Rio Bío-Bío. Las ciudades de Tomé, Ranquil y Hualqui están marcadas con puntos negros. El mapa utiliza una escala de colores para representar las bandas de elevación en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

**Leyenda**

- Capitales Comunales
- Hidrografía Cuenca
- Ríos Principales en la zona
- Borde Costero
- ▭ Subcuencas de modelación WEAP

**Bandas de Elevación (m.s.n.m)**

|           |
|-----------|
| 0 a 100   |
| 100 a 200 |
| 200 a 300 |
| 300 a 400 |
| 400 a 500 |
| 500 a 583 |

Escala: 0 5 10 20 km

**Figura 5-8. Bandas de elevación consideradas en la modelación en WEAP**

---

En la **Figura 5-8** se pueden apreciar las bandas de elevación consideradas en la zona de estudio, junto a las subcuencas en que se ha subdividido la cuenca.

#### 5.1.2.4 Forzantes meteorológicas

Las forzantes meteorológicas de entrada para el modelo corresponden a precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y fracción de nubosidad.

Las primeras dos forzantes se obtienen desde el producto meteorológico CR2MET v2.0 para el periodo histórico y desde el modelo MIROC-ESM procesado en el estudio “Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de las Macrozonas Sur y Parte Norte de la Macrozona Austral” (DGA, 2019) para el periodo proyectado (más detalles en el apartado 5.1.3 del presente informe). La humedad relativa y velocidad del viento también se obtienen desde el estudio de la DGA del 2019. Por último, la fracción de nubosidad se obtuvo del proyecto EarthEnv (Wilson J., 2016).

#### 5.1.2.5 Demandas de Agua

Cabe mencionar que en el modelo se ha considerado la demanda de agua potable urbana de las principales localidades de la cuenca: **Concepción, Talcahuano, Penco, Tomé, Dichato, Florida y Rafael** y, además, se ha incluido la demanda de agua potable rural de ocho Servicios Sanitarios Rurales (SSR): **Coliumo, Caleta Tumbes, Andalién, Lotato, Villa Juan Riquelme Garay, Chaimávida-Soto, Puente 5 y Copiulemu**.

No se ha considerado la demanda para uso agrícola ni industrial en la modelación, debido a que la cantidad de agua usada por estas actividades no es importante desde el punto de vista de un plan estratégico global para la cuenca.

Una vez construido el modelo con los elementos mencionados, se crean distintos escenarios de gestión, los que son descritos en el apartado 5.5.2. Adicionalmente, WEAP entrega resultados de gran utilidad para la evaluación del recurso hídrico en la cuenca, como son la oferta, los balances de agua y los volúmenes, tanto de la parte superficial como subterránea, los que se pueden obtener para distintas porciones de la cuenca y para distintos periodos de tiempo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que al no contar con un modelo acoplado superficial-subterráneo, con MODFLOW por ejemplo, los resultados de la porción subterránea deben ser tomados y considerados con el cuidado necesario al momento de la toma de decisiones.

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

---

---

### 5.1.3 Escenarios de Cambio Climático

En el periodo proyectado se han considerado series de precipitación y temperatura vinculados al escenario de cambio climático RCP 8.5, derivadas de los GCM incluidos en el estudio Aplicación de la Metodología de Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de las Macrozonas Sur y Parte Norte de la Macrozona Austral (DGA, 2019).

El proceso de selección dentro de las cuatro opciones de modelos GCM que se presentan en aquel estudio (CSIRO-MK3-6-0; CCSM4; MIROC-ESM; IPSL-CM5A-LR), consistió en comparar la precipitación de cada modelo con los valores observados en las estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca para el periodo histórico. Se evaluaron los ajustes a nivel mensual con el índice KGE y para la precipitación acumulada con el coeficiente de determinación  $R^2$ .

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

Mayor detalle de la selección de modelos se puede consultar en el Anexo H, sección 4.3.1

### 5.1.4 Balance de Agua Actual

El cálculo del balance hídrico se realiza por año hidrológico (abril a marzo) y para su análisis se han definido los siguientes periodos:

- Balance histórico: Periodo Abril 1990- Marzo 2015
- Balance actual: Periodo Abril 2015- Marzo 2021
- Balance proyectado: Periodo Abril 2021- Marzo 2050

En el caso del balance superficial, el volumen de control considerado es la cuenca completa y se tienen los siguientes componentes para su cálculo:

**Precipitación ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Volumen de agua caída en el periodo analizado dentro de la cuenca de estudio.

**Caudales desde sitios de demanda ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Caudales de origen subterráneo que se suman a la parte superficial para satisfacer demandas de APU y SSR.

**Evapotranspiración ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Pérdida de agua de los cultivos, o masa vegetal, por transpiración y del suelo por evaporación.

**Percolación ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Volumen de agua que infiltra a través del suelo y se añade a los acuíferos.

**Descargas al mar ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Caudales de cauces que desembocan en el mar

**Caudales consumidos por sitios de demanda ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Caudales de origen superficial que son consumidos por los APU y SSR.

El **balance** es la diferencia entre las entradas y salidas de la cuenca y se espera que sea lo más cercano a 0. Por último, el **error** porcentual del balance es calculado con respecto a la precipitación.

De esta forma, habiendo calculado las entradas y salidas mencionadas, se obtiene el balance para el periodo histórico y actual, presentado en la Tabla 5-2.

**Tabla 5-2. Balance hídrico superficial. Periodo histórico y actual**

| Componentes balance                                            | 1990 - 2020 ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) | Comparación periodo histórico y actual             |                                                 |                                       |                |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
|                                                                |                                          | Histórico 1990 - 2014 ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) | Actual 2015 - 2020 ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) | $\Delta$ ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ) | Variación %    |
| <b>Entradas</b>                                                | <b>1.506,69</b>                          | <b>1.549,38</b>                                    | <b>1.328,79</b>                                 | <b>-220,59</b>                        | <b>-14,23%</b> |
| Precipitación                                                  | 1.506,68                                 | 1.549,37                                           | 1.328,78                                        | -220,59                               | -14,23%        |
| Otras entradas                                                 | 0,01                                     | 0,01                                               | 0,01                                            | 0,00                                  | 21,96%         |
| <b>Salidas</b>                                                 | <b>1.505,86</b>                          | <b>1.548,40</b>                                    | <b>1.328,58</b>                                 | <b>-219,82</b>                        | <b>-14,20%</b> |
| Evapotranspiración                                             | 524,18                                   | 527,85                                             | 508,92                                          | -18,93                                | -3,59%         |
| Percolación                                                    | 348,91                                   | 363,66                                             | 287,41                                          | -76,25                                | -20,97%        |
| Escurrimiento al mar                                           | 626,22                                   | 650,32                                             | 525,82                                          | -124,50                               | -19,14%        |
| Otras salidas                                                  | 6,54                                     | 6,57                                               | 6,43                                            | -0,15                                 | -2,22%         |
| <b>Variación de volumen almacenado (<math>\Delta V</math>)</b> | <b>-3,52</b>                             | <b>-4,90</b>                                       | <b>2,24</b>                                     | -                                     | -              |
| Balance                                                        | 4,35                                     | 5,88                                               | -2,03                                           | -                                     | -              |
| Error %                                                        | 1,00                                     | 1,00                                               | 0,00                                            | -                                     | -              |

Fuente: Elaboración propia

De forma similar se calcula el balance subterráneo, esta vez tomando como volumen de control los Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común (SHAC) de la cuenca. Los componentes del balance subterráneo son los siguientes:

**Recarga ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Precipitación líquida que percola a través el suelo y recarga los acuíferos.

**Flujos inter acuíferos ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Caudal subterráneo que escurre de un sector acuífero a otro circundante.



---

**Extracciones ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Caudal bombeado para satisfacer las demandas de APU y SSR.

**Flujos hacia el mar ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ):** Caudal descargado al mar por la porción acuífera de la cuenca.

A continuación, en la Tabla 5-3 se presenta el balance subterráneo del periodo histórico y actual de los SHAC del río Andalién y río Pingueral.

**Tabla 5-3. Balance subterráneo por SHAC. Periodo histórico y actual**

| Componentes balance                   | SHAC río Andalién                    |                                      |                                      | SHAC río Pingueral                   |                                      |                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                       | 1990 -2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 1990 -2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 2015- 2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 1990 -2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 1990 -2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 2015- 2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) |
| <b>Entradas</b>                       | <b>214,32</b>                        | <b>223,68</b>                        | <b>175,33</b>                        | <b>128,16</b>                        | <b>133,29</b>                        | <b>106,77</b>                        |
| Recarga por precipitación             | 214,12                               | 223,49                               | 175,06                               | 127,70                               | 132,84                               | 106,29                               |
| Otras entradas                        | 0,20                                 | 0,18                                 | 0,27                                 | 0,46                                 | 0,45                                 | 0,48                                 |
| <b>Salidas</b>                        | <b>212,99</b>                        | <b>219,18</b>                        | <b>187,19</b>                        | <b>127,69</b>                        | <b>132,42</b>                        | <b>108,00</b>                        |
| Flujos interacuíferos y salida al mar | 212,68                               | 218,88                               | 186,85                               | 127,69                               | 132,42                               | 108,00                               |
| Extracciones                          | 0,32                                 | 0,31                                 | 0,35                                 | 0,00                                 | 0                                    | 0                                    |
| <b>Variación almacenamiento</b>       | <b>0,81</b>                          | <b>1,84</b>                          | <b>11,87</b>                         | <b>0,32</b>                          | <b>0,09</b>                          | <b>1,27</b>                          |
| <b>Error %</b>                        | <b>0,70</b>                          | <b>0,80</b>                          | <b>0,00</b>                          | <b>0,40</b>                          | <b>0,50</b>                          | <b>0,00</b>                          |

Fuente: Elaboración propia

### 5.1.5 Balance de Agua Proyectado

Como se ha mencionado a lo largo de este informe, el periodo proyectado se extiende entre abril del 2021 y marzo del 2060. El balance superficial futuro para la cuenca completa se muestra en la Tabla 5-4.

También se obtuvo el balance proyectado para la parte subterránea de la cuenca, en las Tabla 5-5 y Tabla 5-6 se muestran los resultados de esto para el SHAC del río Andalién y río Pingueral, respectivamente.

**Tabla 5-4. Balance hídrico superficial. Periodo actual y proyectado**

| Componentes<br>balance                  | 2021 -<br>2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 2051 -<br>2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Comparación periodos        |                |                             |                |
|-----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
|                                         |                                          |                                          | 2015 - 2020/ 2021 -<br>2060 |                | 2015 - 2020/ 2051 -<br>2060 |                |
|                                         |                                          |                                          | Δ<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Variación<br>% | Δ<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Variación<br>% |
| <b>Entradas</b>                         | <b>1.474,56</b>                          | <b>1.312,67</b>                          | <b>145,77</b>               | <b>10,97%</b>  | <b>-16,11</b>               | <b>-1,21%</b>  |
| Precipitación                           | 1.474,55                                 | 1.312,67                                 | 145,77                      | 10,97%         | -16,11                      | -1,21%         |
| Otras entradas                          | 0,01                                     | 0,01                                     | 2,12E-06                    | 0,02%          | 9,20E-07                    | 0,01%          |
| <b>Salidas</b>                          | <b>1.475,53</b>                          | <b>1.312,43</b>                          | <b>146,95</b>               | <b>11,06%</b>  | <b>-16,15</b>               | <b>-1,22%</b>  |
| Evapotranspiración                      | 523,73                                   | 491,79                                   | 14,81                       | 2,91%          | -17,13                      | -3,37%         |
| Percolación                             | 331,72                                   | 288,21                                   | 44,30                       | 15,42%         | 0,79                        | 0,28%          |
| Escorrentamiento al mar                 | 613,41                                   | 526,04                                   | 87,59                       | 16,66%         | 0,22                        | 0,04%          |
| Otras salidas                           | 6,68                                     | 6,38                                     | 0,25                        | 3,89%          | -0,04                       | -0,65%         |
| <b>Variación volumen<br/>almacenado</b> | <b>1,13</b>                              | <b>1,79</b>                              | -                           | -              | -                           | -              |
| <b>Balance</b>                          | <b>-2,10</b>                             | <b>-1,54</b>                             | -                           | -              | -                           | -              |
| <b>Error %</b>                          | <b>0,00</b>                              | <b>0,00</b>                              | -                           | -              | -                           | -              |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-5. Balance hídrico subterráneo del SHAC río Andalién. Periodo actual y proyectado**

| Componentes<br>balance                | 2021 –<br>2060<br>(hm³/año) | 2051 –<br>2060<br>(hm³/año) | Comparación periodos        |                |                             |                |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
|                                       |                             |                             | 2015 - 2020/ 2021 -<br>2060 |                | 2015 - 2020/ 2051 -<br>2060 |                |
|                                       |                             |                             | Δ<br>(hm³/año)              | Variación<br>% | Δ<br>(hm³/año)              | Variación<br>% |
| <b>Entradas</b>                       | <b>197,65</b>               | <b>170,89</b>               | <b>22,31</b>                | <b>12,73</b>   | <b>-4,44</b>                | <b>-2,53</b>   |
| Recarga por precipitación             | 197,35                      | 170,58                      | 22,28                       | 12,73          | -4,48                       | -2,56          |
| Otras entradas                        | 0,30                        | 0,31                        | 0,03                        | 10,63          | 0,04                        | 14,88          |
| <b>Salidas</b>                        | <b>196,10</b>               | <b>173,27</b>               | <b>8,90</b>                 | <b>4,75</b>    | <b>-13,93</b>               | <b>-7,44</b>   |
| Flujos interacuíferos y salida al mar | 195,73                      | 172,88                      | 8,88                        | 4,75           | -13,97                      | -7,48          |
| Extracciones                          | 0,37                        | 0,39                        | 0,02                        | 5,93           | 0,04                        | 11,16          |
| <b>Variación almacenamiento</b>       | <b>0,34</b>                 | <b>2,38</b>                 | -                           | -              | -                           | -              |
| <b>Error %</b>                        | <b>0,39</b>                 | <b>0,00</b>                 | -                           | -              | -                           | -              |

Fuente: Elaboración propia



**Tabla 5-6. Balance hídrico subterráneo del SHAC río Pingueral. Periodo actual y proyectado**

| Componentes<br>balance                | 2021 –<br>2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | 2051 –<br>2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Comparación periodos        |                |                             |                |
|---------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------------------|----------------|
|                                       |                                          |                                          | 2015 - 2020/ 2021 -<br>2060 |                | 2015 - 2020/ 2051 -<br>2060 |                |
|                                       |                                          |                                          | Δ<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Variación<br>% | Δ<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Variación<br>% |
| <b>Entradas</b>                       | <b>127,72</b>                            | <b>109,02</b>                            | <b>20,95</b>                | <b>19,62%</b>  | <b>2,24</b>                 | <b>2,10%</b>   |
| Recarga por precipitación             | 127,21                                   | 108,52                                   | 20,93                       | 19,69%         | 2,23                        | 2,10%          |
| Otras entradas                        | 0,51                                     | 0,50                                     | 0,02                        | 5,00%          | 0,01                        | 2,73%          |
| <b>Salidas</b>                        | <b>126,78</b>                            | <b>109,42</b>                            | <b>18,78</b>                | <b>17,39%</b>  | <b>1,42</b>                 | <b>1,32%</b>   |
| Flujos interacuíferos y salida al mar | 126,78                                   | 109,42                                   | 18,78                       | 17,39%         | 1,42                        | 1,32%          |
| Extracciones                          | 0,00                                     | 0,00                                     | 0,00                        | 0,00%          | 0,00                        | 0,00%          |
| <b>Variación almacenamiento</b>       | <b>0,02</b>                              | <b>0,40</b>                              | -                           | -              | -                           | -              |
| <b>Error %</b>                        | <b>0,50</b>                              | <b>0,00</b>                              | -                           | -              | -                           | -              |

Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Brechas Hídricas

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

La Tabla 5-7 presenta la Síntesis de brechas en la gestión de los recursos hídricos de la cuenca, para cada uno de los ejes estratégicos propuestos.

**Tabla 5-7. Síntesis de brechas en la gestión de los recursos hídricos de la cuenca**

| Eje estratégico                                 | Id     | Nombre de la Brecha                                                                  | Cuantificación (si corresponde)                                                |
|-------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Seguridad Hídrica para las Personas             | BPER 1 | Aumento de la demanda de agua en zonas urbanas                                       | 3,5 hm <sup>3</sup> al año 2060                                                |
|                                                 | BPER 2 | Aumento de la demanda de agua en zonas rurales                                       | 0,33 hm <sup>3</sup> al año 2060                                               |
|                                                 | BPER 3 | Población en riesgo de abastecimiento de agua potable                                | 3.380 personas en riesgo Alto                                                  |
|                                                 | BPER 4 | Déficit de saneamiento en sectores urbanos y rurales                                 | 9,8%de la población sin acceso a saneamiento                                   |
|                                                 | BPER 5 | Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales              | 666 arranques pendientes (entre otros)                                         |
| Seguridad hídrica para los Ecosistemas          | BECO 1 | Caudal ecológico insuficiente                                                        | El Caudal ecológico se mantendrá a future                                      |
|                                                 | BECO 2 | Deterioro de ecosistemas acuáticos                                                   | Varios factores sobre humedales costeros                                       |
|                                                 | BECO 3 | Pérdida y degradación de vegetación terrestre                                        | 1.043 ha de bosque nativo perdidas en los últimos 20 años                      |
|                                                 | BECO 4 | Degradación y desertificación                                                        | 5.092 ha con erosión severa o muy severa                                       |
| Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo | BPRO 1 | Seguridad Hídrica para la Agricultura Familiar Campesina                             | 3.903 pequeños productores expuestos                                           |
| Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos         | BEXT 1 | Insuficiencia de mecanismos de respuesta ante el cambio climático                    | Situación de emergencia agrícola generalizada en 2021                          |
|                                                 | BEXT 2 | Elevado Riesgo de incendios forestales                                               | Riesgo moderado de incendios forestales                                        |
| Gestión Institucional                           | BGES 1 | Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica e hidrogeológica | Falta seguimiento en río Pingueral y SHAC de la cuenca                         |
|                                                 | BGES 2 | Deficiencias en el estado de los derechos de aprovechamiento de aguas                | Deterioro del estado administrativo de los derechos de aprovechamiento de agua |

| Eje estratégico | Id     | Nombre de la Brecha                                                                                       | Cuantificación (si corresponde)                                                                                   |
|-----------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |        |                                                                                                           | producto de modificaciones al Código de Aguas.                                                                    |
|                 | BGES 3 | Deficiencias en la fiscalización de usos irregulares del agua                                             | Extracciones no regularizadas de aguas subterráneas, producto de la disminución de las fuentes superficiales.     |
| Gobernanza      | BGOB 1 | Insuficiencia de las estructuras actuales para dar cuenta de la complejidad de los problemas de la cuenca | Alta dependencia de la cuenca del río Biobío, que es la principal aportante de las aguas consumidas en la cuenca. |

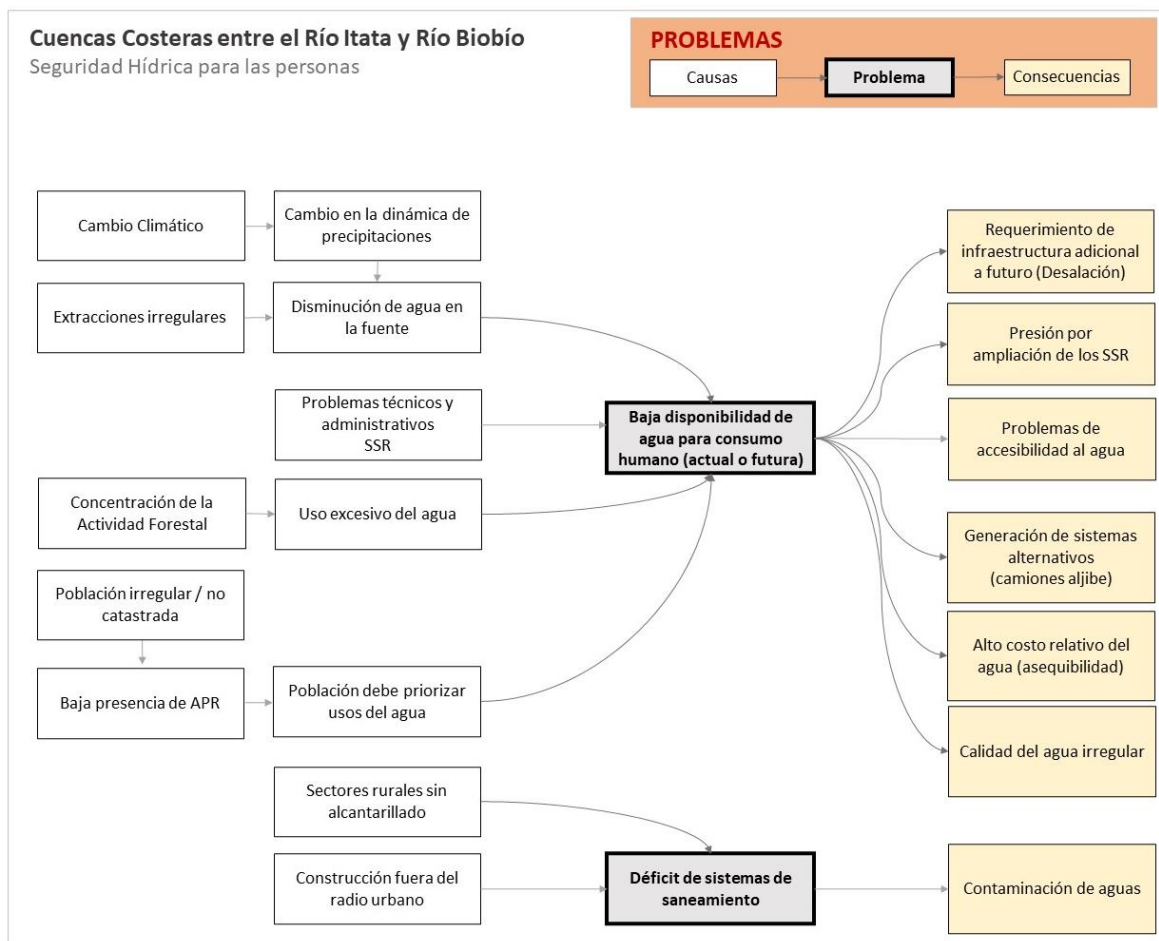
Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1 Seguridad Hídrica para las Personas

Respecto de la seguridad hídrica para las personas, el problema central identificado es la **baja disponibilidad del agua para consumo humano y de saneamiento**, debido a dos razones principales: la primera, la disminución de disponibilidad de agua desde las fuentes superficiales, y la segunda, a la falta de cobertura de saneamiento asociada a los asentamientos rurales.

La disminución de disponibilidad de agua desde las fuentes superficiales es asociada por la población, a la disminución de las precipitaciones en el sector y la baja recarga que reciben las fuentes que recargan los pozos. Los pozos o sistemas tienen profundidades menores 50 metros, no pudiendo ser recargada por acuíferos. La disminución desde la fuente también es fuertemente influenciada por la alta concentración de actividades forestales y de plantaciones, y el uso excesivo de agua que su emplazamiento supone desde el sistema suelo. Estas plantaciones, además han incrementado el fenómeno de la turbiedad en el agua que alimenta las fuentes de abastecimiento, en especial los pozos que abastecen directamente a la población.

Otro problema identificado frecuentemente, es la alta vulnerabilidad que caracteriza a la población rural, producto de la falta de cobertura de agua potable mediante Sistemas de Saneamiento Rural. Sumado a lo anterior, existe una baja asignación de recursos de apoyo destinados a implementar soluciones que permitan captar agua para otros usos en zonas rurales como lo son el cuidado de animales y riego de huertos familiares. Por ejemplo, la población rural, que recibe en promedio menos de 50 litros diarios por persona, debe elegir qué uso le darán al recurso. Finalmente, destacan los casos donde falta de regularización de los Sistemas de Saneamiento Rural, ha llevado a que muchos sean abastecidos mediante vertientes. La problemática descrita se grafica en la Ilustración 5-2.



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 5-2. Árbol de problemas para las personas**

### 5.2.1.1 BPER 1 Aumento de la demanda de agua en zonas urbanas

La brecha hídrica en torno al consumo humano en áreas urbanas se calculó siguiendo la tendencia proyectada de la población urbana en la cuenca. Dado que en general existe un aumento proyectado de la población, la producción de agua potable urbana también crecerá en todas las unidades de gestión.

Los resultados indican que se tiene una brecha relacionada con el déficit hídrico para consumo humano en áreas urbanas de **3,5 hm<sup>3</sup>/año**.

**Tabla 5-8. Brecha de producción de agua potable urbana según tendencia proyectada al 2060 (hm<sup>3</sup>/año)**

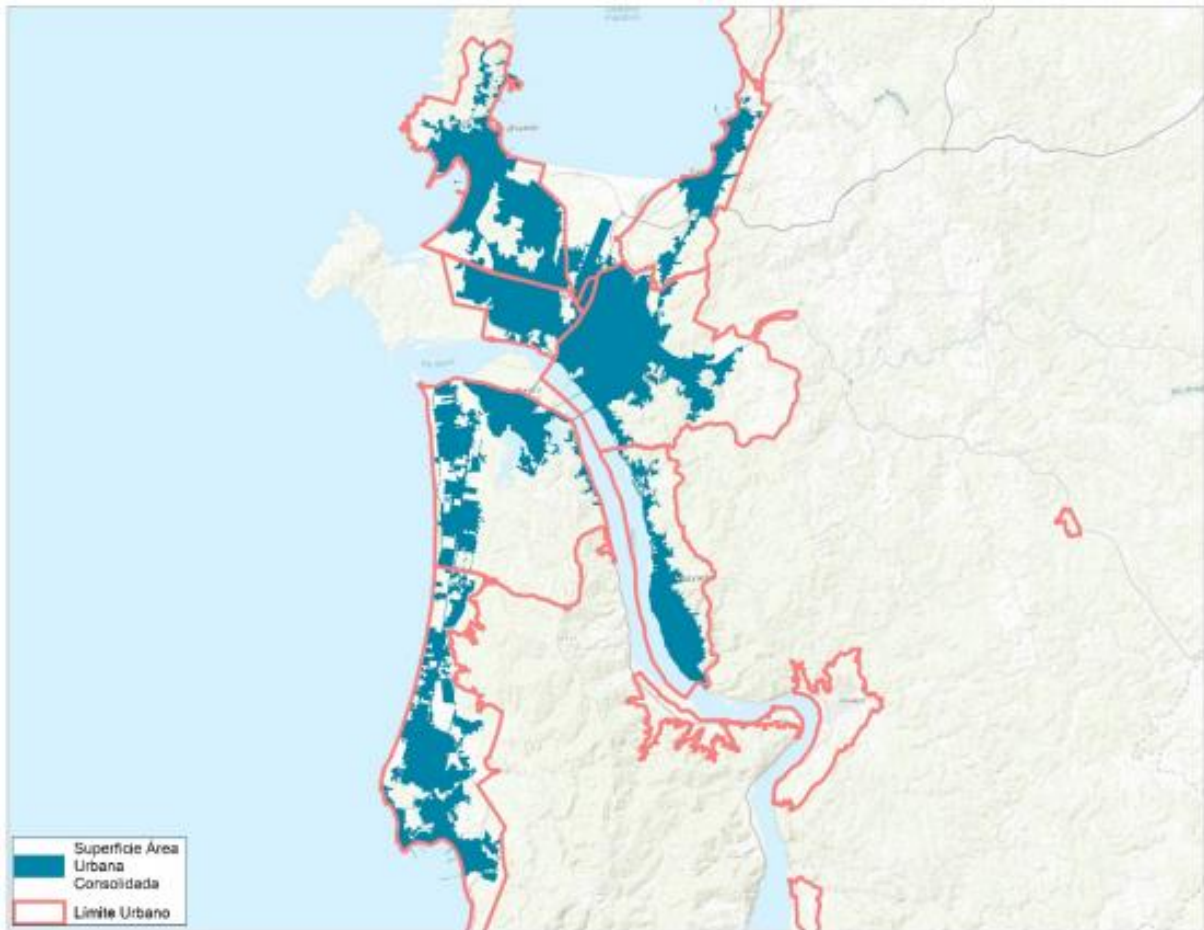
| Localidad     | Fuente      | Fuente interna (%) | Producción Actual hm <sup>3</sup> /año | Producción 2060 hm <sup>3</sup> /año | Brecha hm <sup>3</sup> /año | Brecha %  |
|---------------|-------------|--------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-----------|
| Dichato       | Superficial | 100                | 0,72                                   | 1,11                                 | 0,39                        | 54%       |
| Tome          | Superficial | 100                | 3,93                                   | 4,4                                  | 0,47                        | 12%       |
| Penco Lirquén | Superficial | 100                | 4,05                                   | 4,36                                 | 0,31                        | 8%        |
| Concepción    | Superficial | 0                  | 23,26                                  | 24,79                                | 1,53                        | 7%        |
| Talcahuano    | Superficial | 0                  | 14,18                                  | 14,87                                | 0,69                        | 5%        |
| Rafael        | Superficial | 100                | 0,13                                   | 0,14                                 | 0,01                        | 8%        |
| Florida       | Superficial | 100                | 0,38                                   | 0,49                                 | 0,11                        | 29%       |
| <b>Total</b>  |             |                    | <b>46,64</b>                           | <b>50,14</b>                         | <b>3,50</b>                 | <b>8%</b> |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SISS

La brecha de fuentes internas alcanza a 1,28 hm<sup>3</sup>/año (al descontar Concepción y Talcahuano, que se abastecen desde el río Biobío). Sin embargo, localidades como Penco y Lirquén ya se abastecen parcialmente desde la PTAP La Mochita, reduciendo su dependencia de la cuenca del estero Nonguén.

Como referencia, se tiene que la superficie del gran Concepción aumentó un 100% entre 1993 y 2020, y una tasa promedio de crecimiento del 3%. Actualmente el área urbana cubre el 44% de la superficie planificada.

Bajo el supuesto de que la superficie de la intercomuna pudiera llegar al 100% del área urbana propuesta, la demanda actual equivale al 44% de la demanda proyectada, por lo que existe la posibilidad real de que se duplique la población y la demanda en el tiempo.



Fuente: Minvu, 2021

**Ilustración 5-3. Comparación entre la superficie y límite urbano normativo del Plan Regulador Metropolitano de Concepción**

En complemento al aumento de demanda, no existen campañas de promoción de menor consumo doméstico. No se apreció una cultura de cuidado del agua en general, ya que no se considera como un recurso limitado dentro de las zonas urbanas.

### 5.2.1.2 BPER 2 Aumento de la demanda de agua en zonas rurales

La brecha hídrica en torno al consumo humano en áreas rurales se calculó siguiendo la tendencia proyectada de la población rural del menor al 1%.

Los resultados indican que se tiene una brecha relacionada con el déficit hídrico para consumo humano en áreas urbanas de **0,2 hm<sup>3</sup>/año** de fuente propia.

**Tabla 5-9. Brecha de producción de agua potable rural según tendencia proyectada al 2060 (hm<sup>3</sup>/año)**

| ID | SSR                         | Fuente      | Producción Actual<br>hm <sup>3</sup> /año | Producción 2060<br>hm <sup>3</sup> /año | Brecha<br>hm <sup>3</sup> /año |
|----|-----------------------------|-------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
| 01 | Puente 5                    | Superficial | 0,019                                     | 0,028                                   | 0,009                          |
| 02 | Lotato                      | Subterránea | 0,006                                     | 0,009                                   | 0,003                          |
| 03 | Andalién                    | Subterránea | 0,012                                     | 0,018                                   | 0,006                          |
| 04 | Chaimávida Soto             | Superficial | 0,027                                     | 0,041                                   | 0,014                          |
| 05 | Villa Juan Riquelme Garay   | Superficial | 0,042                                     | 0,061                                   | 0,019                          |
| 06 | Copiulemu                   | Subterránea | 0,037                                     | 0,055                                   | 0,018                          |
| 07 | Ráhuil (en formación)       | Subterránea | 0,017                                     | 0,025                                   | 0,008                          |
| 08 | Caleta Tumbes               | Superficial | 0,110                                     | 0,163                                   | 0,053                          |
| 09 | Coliumo Tomé                | Superficial | 0,108                                     | 0,159                                   | 0,051                          |
| 10 | San Carlitos (en formación) | Subterránea | 0,017                                     | 0,025                                   | 0,008                          |
| 11 | Perales                     | Subterránea | 0,017                                     | 0,025                                   | 0,008                          |
| 12 | Vegas Itata                 | Subterránea | 0,017                                     | 0,025                                   | 0,008                          |
| 13 | Purema                      | Subterránea | 0,004                                     | 0,007                                   | 0,003                          |
| 14 | Villa Sayén de Copiulemu    | Subterránea | 0,011                                     | 0,016                                   | 0,005                          |
| 15 | Tapihue                     | Subterránea | 0,032                                     | 0,047                                   | 0,015                          |
| 16 | PISSIS                      | Subterránea | 0,078                                     | 0,116                                   | 0,038                          |
|    | <b>Total</b>                |             | <b>0,550</b>                              | <b>0,820</b>                            | <b>0,270</b>                   |
|    | <b>Arranques Pendientes</b> |             | <b>0,126</b>                              | <b>0,188</b>                            | <b>0,062</b>                   |
|    | <b>Total</b>                |             | <b>0,676</b>                              | <b>1,088</b>                            | <b>0,332</b>                   |

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.1.3 BPER 3 Población en riesgo de abastecimiento de agua potable

Para identificar la población en riesgo de abastecimiento de agua potable se tomó como referencia el Censo de Población y Vivienda del año 2017 (INE, 2017), específicamente la identificación de número de viviendas abastecidas por pozos o norias, camiones aljibe, fuentes superficiales (ríos, vertientes, esteros, canales, lagos), o de origen de agua ignorado. Si bien es una información que cuenta con algunos años de antigüedad, proporciona una metodología estándar que permite comparar distintas cuencas entre sí. Adicionalmente, el número de viviendas corresponde a las viviendas con moradores al momento del Censo.

En lo principal, se tomó la información contenida en la pregunta número cinco del CENSO 2017, que consulta sobre el "origen del agua" de cada vivienda. En esta pregunta se despliegan las opciones de "Red Pública", que podría corresponder al agua entregada por las empresas sanitarias o un SSR, "Pozo o noria", "Camión aljibe" y finalmente "Río, vertiente, estero, canal, lago" entendidos como afloramientos.

**Tabla 5-10. Cantidad de Viviendas fuera de la red pública de agua potable**

| Comuna       | Pozo o noria | Camión aljibe | Río, vertiente, estero, canal, lago, etc. | Origen de agua ignorado | Total         |
|--------------|--------------|---------------|-------------------------------------------|-------------------------|---------------|
| Coelemu      | 148          | 45            | 67                                        | 5                       | 265           |
| Ránquil      | 59           | 18            | 38                                        | 3                       | 118           |
| Tomé         | 659          | 254           | 608                                       | 104                     | 1.624         |
| Florida      | 1.293        | 50            | 243                                       | 38                      | 1.624         |
| Penco        | 117          | 35            | 181                                       | 60                      | 392           |
| Hualpén      | 3            | 3             | 1                                         | 14                      | 21            |
| Concepción   | 344          | 231           | 462                                       | 422                     | 1.459         |
| Chiguayante  | 26           | 2             | 37                                        | 64                      | 129           |
| Hualqui      | 14           | 3             | 7                                         | 1                       | 25            |
| Talcahuano   | 55           | 19            | 91                                        | 234                     | 399           |
| <b>Total</b> | <b>2.717</b> | <b>660</b>    | <b>1.735</b>                              | <b>944</b>              | <b>6.056</b>  |
| <b>%</b>     | <b>44,9%</b> | <b>10,9%</b>  | <b>28,6%</b>                              | <b>15,6%</b>            | <b>100,0%</b> |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos INE (Censo 2017).

La información desagregada a nivel comunal fue ponderada en relación al porcentaje de la comuna emplazada dentro de la cuenca, para obtener una proporción de las viviendas por fuente de agua dentro del área de estudio. Se estimó de esta forma un total de 6.056



viviendas en condición de riesgo de abastecimiento, de las cuales el 44,9% corresponde a pozos o norias, el 28,6% a fuentes superficiales, y el 10,9% a camiones aljibe. No se conoce la fuente de agua de 944 viviendas.

Con el propósito de estimar la brecha hídrica potencial, se ponderó el número de viviendas por el promedio de habitantes por vivienda comunal obtenido a partir del Censo 2017. Se consideró una dotación de 150 litros por persona al día (sin incorporar pérdidas de conducción), y se obtuvo la demanda no satisfecha 819.918 m<sup>3</sup> al año.

**Tabla 5-11. Cantidad de Personas**

| Comuna       | N° de viviendas | Promedio de personas por vivienda | Personas (cantidad) | Dotación (L/hab./día) | Brecha hídrica (m <sup>3</sup> /año) |
|--------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| Coilemu      | 265             | 2,6                               | 691                 | 150                   | 37.816                               |
| Ránquil      | 118             | 2,0                               | 240                 | 150                   | 13.150                               |
| Tomé         | 1.624           | 2,4                               | 3.827               | 150                   | 209.521                              |
| Florida      | 1.624           | 2,1                               | 3.336               | 150                   | 182.652                              |
| Penco        | 392             | 3,0                               | 1.173               | 150                   | 64.238                               |
| Hualpén      | 21              | 3,0                               | 62                  | 150                   | 3.394                                |
| Concepción   | 1.459           | 2,6                               | 3.809               | 150                   | 208.544                              |
| Chiguayante  | 129             | 4,0                               | 515                 | 150                   | 28.199                               |
| Hualqui      | 25              | 5,0                               | 126                 | 150                   | 6.900                                |
| Talcahuano   | 399             | 3,0                               | 1.196               | 150                   | 65.505                               |
| <b>Total</b> | <b>6.056</b>    |                                   | <b>14.976</b>       |                       | <b>819.918</b>                       |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos INE (Censo 2017).

#### **5.2.1.4 BPER 4 Déficit de saneamiento en sectores urbanos y rurales**

Para la identificación de la población que no cuenta con acceso al saneamiento dentro de la cuenca, se trabajó con distintas fuentes de datos.

1. Memoria de ESSBIO (2021b) señala que el 93,25% de la población atendida por la sanitaria cuenta con acceso alcantarillado.
2. En complemento, no se identificó SSR con tratamiento de aguas servidas, por lo que se incorporó a estas personas.
3. Se utilizó además las estadísticas provistas por BPER 3.

Corresponde a la proporción (%) de Personas que tienen acceso a la gestión de Aguas Servidas, urbanas o rurales en relación a la población total. Se determinó en base al Censo de Población de 2017.

**Tabla 5-12. Brecha de acceso a saneamiento**

| Partidas         | Con acceso     | Sin acceso    | Total          | Fuente                                                                   |
|------------------|----------------|---------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Población urbana | 440.511        | 36.544        | 477.055        | Población con acceso se obtuvo desde Memoria ESSBIO (2021b). (93,25%)    |
| Población rural  | 0              | 20.197        | 20.197         | Población sin acceso se estimó a partir de SSR más la población dispersa |
| <b>Total</b>     | <b>440.511</b> | <b>56.740</b> | <b>497.252</b> |                                                                          |
| <b>Total (%)</b> | <b>88,6%</b>   | <b>11,4%</b>  | <b>100,00%</b> |                                                                          |

Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.1.5 BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales

Se realizó una encuesta a 11 Servicios Sanitarios Rurales de la cuenca, con el propósito de identificar las brechas que existen a nivel legal, administrativo y operacional. La encuesta realizada se presenta en el Anexo J.4 Caracterización de SSR.

**Tabla 5-13. Servicios Sanitarios Rurales encuestados**

| Nº           | Nombre                        | Comuna     | Fuente de Agua | Nº de arranques actuales | Nº de arranques pendientes |
|--------------|-------------------------------|------------|----------------|--------------------------|----------------------------|
| 1            | SSR Puente 5                  | Concepción | Superficial    | 110                      | 0                          |
| 2            | SSR Chaimávida Soto           | Concepción | Superficial    | 175                      | 40                         |
| 3            | SSR Villa Juan Riquelme Garay | Concepción | Superficial    | 273                      | 1                          |
| 4            | SSR Copiulemu                 | Florida    | Subterránea    | 240                      | 15                         |
| 5            | SSR Ráhuil (en formación)     | Florida    | Subterránea    | 98                       | 40                         |
| 6            | SSR Villa Sayén de Copiulemu  | Florida    | Subterránea    | 63                       | 0                          |
| 7            | SSR Tapihue                   | Florida    | Subterránea    | 186                      | 50                         |
| 8            | SSR Caleta Tumbes             | Talcahuano | Superficial    | 614                      | -                          |
| 9            | SSR PISSIS                    | Tomé       | Subterránea    | 462                      | 20                         |
| 10           | SSR Coliumo Tomé              | Tomé       | Superficial    | 670                      | 500                        |
| 11           | SSR Valle Purema              | Tomé       | Superficial    | 26                       | 0                          |
| <b>TOTAL</b> |                               |            |                | <b>2.917</b>             | <b>666</b>                 |

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 5-13 se tiene que el 54 % de los SSR se abastece mediante fuentes superficiales, y el 46 % de fuentes mixtas o subterráneas. El 72 % de los SSR tiene arranques pendientes, los que representan un aumento del 27 % respecto de la oferta actual.

De la Tabla 5-14 se tiene que el 45% de los SSR presenta problemas con la inscripción de sus derechos de aprovechamiento de agua, que el 42 % tiene problemas de tipo administrativo, y el 57 % de tipo operacional.

Se realizó además un análisis de la participación de mujeres en los SSR, concluyéndose que el 100% cuenta con mujeres en sus directorios, y que el 27% del total de SSR cuenta con una presidenta.

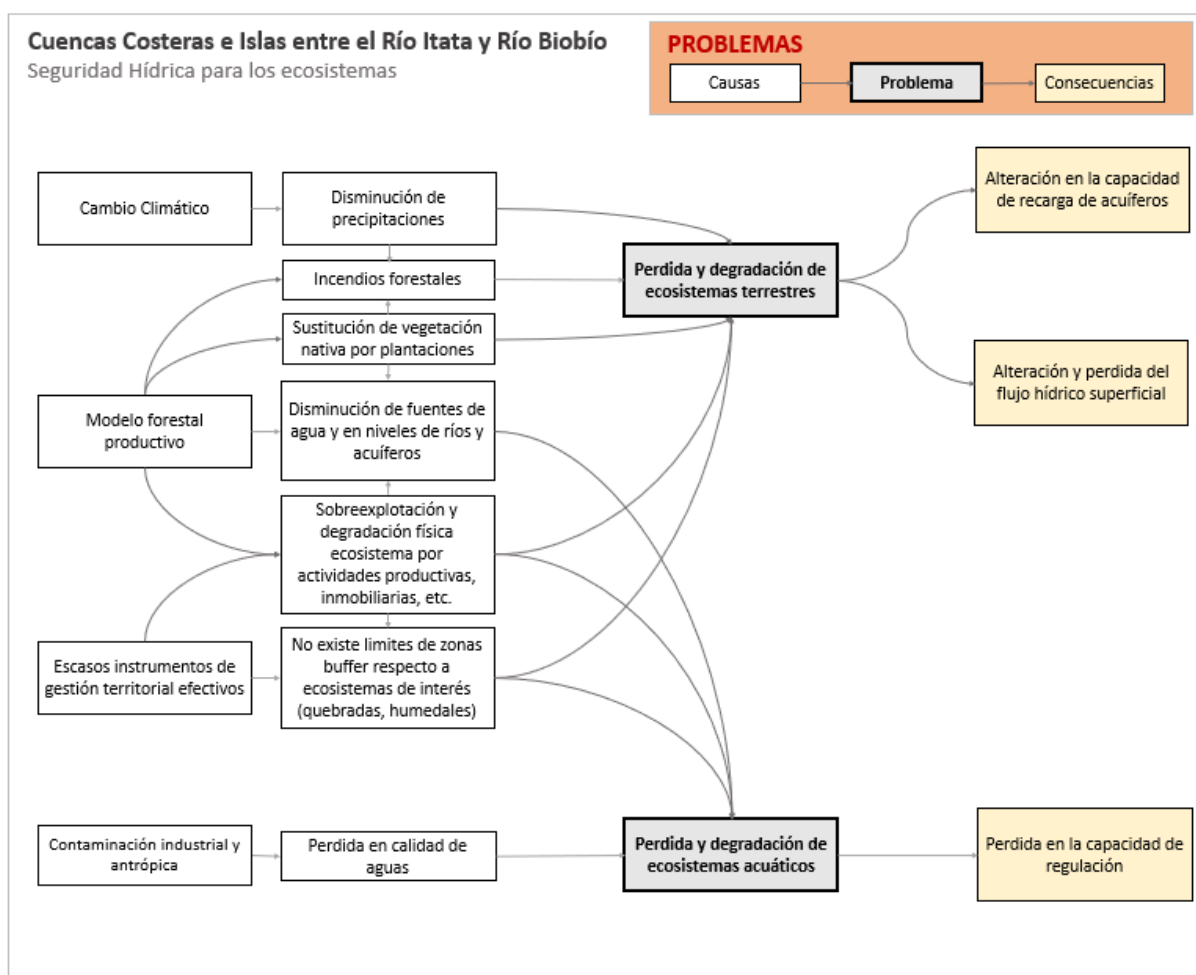
**Tabla 5-14. Caracterización de los SSR de la cuenca**

| Partida                                                                                                   | % SSR que SI cumple | % SSR que NO cumple |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|
| <b>Aspectos Legales</b>                                                                                   |                     |                     |
| El SSR tiene inscritos todos sus derechos de aprovechamiento de agua                                      | 55                  | 45                  |
| El SSR cuenta con sus servidumbres de paso al día                                                         | 73                  | 27                  |
| El SSR es propietario de los terrenos que utiliza                                                         | 55                  | 45                  |
| El SSR cuenta con Resolución Sanitaria                                                                    | 36                  | 64                  |
| El SSR tiene sus estatutos al día con la Ley 20.998                                                       | 28                  | 72                  |
| <b>Aspectos Administrativos</b>                                                                           |                     |                     |
| El SSR tiene sus dirigentes al día                                                                        | 45                  | 55                  |
| El SSR no tiene problemas de morosidad                                                                    | 73                  | 27                  |
| El SSR cuenta con procedimientos internos escritos y no tiene problemas de administración                 | 55                  | 45                  |
| <b>Aspectos Operacionales</b>                                                                             |                     |                     |
| El SSR no tiene problemas con la fuente de agua                                                           | 73                  | 27                  |
| El SSR No requiere mejoras en infraestructura de captación (si se conecta por 52bis, no requiere mejoras) | 45                  | 55                  |
| El SSR requiere mejoras en infraestructura de conducción, impulsión u otras                               | 55                  | 45                  |
| El SSR cuenta con tratamiento de las aguas servidas                                                       | 0                   | 100                 |

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas

El análisis de la cuenca concluyó que el problema central de este punto es la pérdida y deterioro de ecosistemas terrestres y la escasa planificación territorial respecto a los ecosistemas acuáticos y como éstos se insertan en los territorios. Esto genera una pérdida de hábitat, biodiversidad, servicios ecosistémicos (Ilustración 5-4).



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 5-4. Árbol de problemas para ecosistemas**

En la cuenca de estudio los problemas centrales identificados corresponden a la pérdida y/o degradación de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Aparecen listadas como las causas principales: Cambio Climático, Falta de instrumentos y normativa que garantice una adecuada gestión territorial, sumado también contaminación industrial y antrópica producto de la presión sobre los estos espacios naturales.

Los ecosistemas se ven alterados por las actividades productivas, por reemplazo como resultante de una mala gestión territorial, y/o afectada también por la sequía (cambio climático), factores que indican en una afectación en la calidad y cantidad de afloramientos (nacientes) de mantos acuíferos de un lugar determinado y en la dinámica del ciclo hidrológico (Pliscoff, 2020).

Entre el año 2014 al 2017, aunque no en áreas significativas respecto a la superficie total de la cuenca, se observan cambios que corresponden a aumento de zonas urbanas o residenciales, como también se visualiza baja en las superficies con cubierta vegetal (bosque nativo y matorral). Actores relevantes de la zona indican además la presión existente sobre los cuerpos de aguas continentales (humedales, cursos de aguas, etc.) producto de actividades como la agricultura y el desarrollo de nuevos centros urbanos o de vivienda.

Se identifica también una línea causal de la problemática en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, producto principalmente de actividades industriales y humanas residenciales. En el trabajo con los actores claves se determinaron brechas en relación con el deterioro de la calidad de las aguas, las cuales corresponderían a falta de monitoreo de calidad de aguas, obligación de saneamiento de aguas residuales de Servicios Sanitarios Rurales y en la falta de preocupación sobre las deposiciones de aguas residuales de viviendas rurales. Esto afecta tanto a la calidad de las aguas como también a otros usuarios, principalmente agricultores, aguas debajo de la cuenca.

Se revisó la cuenca en el Explorador de Ecosistemas de Agua Dulce de la Organización de Naciones Unidas<sup>18</sup>, que realiza un seguimiento a la extensión de los ecosistemas acuáticos, en su dinámica permanente y estacional, con el propósito de evaluar el cumplimiento de la meta 6.6.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En esta cuenca el explorador señala que se existiría un aumento en ecosistemas, aunque podrían ser resultados de la proliferación de cuerpos de agua embalsada para la actividad agrícola, lo que sería concordante con el aumento en la superficie destinada a esta actividad productiva en la última década.

Respecto de la brecha hídrica, se identifica ecosistemas acuáticos dependientes de cauces superficiales y subterráneos, estando asociado su sostenibilidad al comportamiento de estos cursos de agua y su disponibilidad. En consecuencia, se estima que la brecha hídrica

---

<sup>18</sup> Revisado en <https://www.sdg661.app/>

de estos ecosistemas radica en asegurar caudales mínimos que permitan asegurar la proyección futura de estos espacios y con ello permitir la entrega de sus servicios ecosistémicos en cantidad y oportunidad adecuada. Se identificó también degradación relevante de la vegetación y suelos de la cuenca, ambos componentes esenciales en el ciclo hidrológico, donde una adecuada gestión y manejo de estas superficies podrían transformarse en una línea de acción territorial.

#### 5.2.2.1 BECO 1 Caudal ecológico insuficiente

A partir de la información disponible en el modelo hidrológico elaborado para la cuenca, se estimó la variación en la oferta de agua superficial que recibirán los distintos humedales de la cuenca en la década 2050 - 2060, como un indicador del estrés hídrico al que se verá sometido cada cuerpo de agua (en relación con el período 2010 - 2020). La estimación se presenta en la Tabla 5-15.

**Tabla 5-15. Caudal superficial en los humedales de la cuenca**

| <b>Humedal</b>                        | <b>Caudal Actual<br/>(2015 – 2020)<br/>(hm<sup>3</sup>/año)</b> | <b>Caudal Futuro<br/>(2050 – 2060)<br/>(hm<sup>3</sup>/año)</b> | <b>Diferencia<br/>(mh<sup>3</sup>/año)</b> | <b>Diferencia<br/>(%)</b> |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| Bellavista                            | 26,89                                                           | 26,81                                                           | -0,08                                      | -0,3%                     |
| Estero Nonguén<br>(afluente Andalién) | 28,22                                                           | 26,08                                                           | -2,13                                      | -7,6%                     |
| Pingual                               | 69,09                                                           | 72,04                                                           | 2,95                                       | 4,3%                      |
| Rocuant Andalién                      | 248,31                                                          | 239,32                                                          | -8,99                                      | -3,6%                     |
| Vasco da Gama                         | 5,06                                                            | 5,35                                                            | 0,29                                       | 5,6%                      |
| Vegas de Coliumo                      | 7,72                                                            | 7,69                                                            | -0,03                                      | -0,4%                     |
| <b>Total Cuenca</b>                   | <b>385,29</b>                                                   | <b>377,30</b>                                                   | <b>-8,00</b>                               | <b>-2,1%</b>              |

Fuente: Elaboración propia

En general, la disminución de caudales es menor (en torno al 2,1%), e incluso en algunos de los humedales se pudiera esperar un aumento en el caudal pasante en relación al quinquenio 2015-2020.

---

#### 5.2.2.2 **BECO 2 Deterioro de ecosistemas acuáticos**

Como se comentó y graficó en el punto 2.3.1.5 del presente documento, las propiedades de los ecosistemas acuáticos en la cuenca bajo estudio se encuentran amenazados por una serie de acciones antrópicas, lo que pone en riesgo los “servicios ecosistémicos” que sustentan.

De manera más específica, en la Tabla 5-16 se encuentran las principales amenazas detectadas por humedal de interés, las que son distintas en los diferentes ecosistemas, observándose que las mayores amenazas son el desarrollo inmobiliario y la urbanización, seguida de la contaminación por disposición de microbasurales dentro de estos ecosistemas.

Como consecuencia de lo anterior, a nivel de la estructura y funcionamiento de estos ecosistemas, a modo general se pueden indicar las siguientes consecuencias ecológicas (deterioros):

1. Fragmentación de los hábitats, pérdida de conectividad tanto dentro como entre ecosistemas de humedales costeros.
2. Disminución en la superficie de hábitats, tanto a nivel del espejo de agua como la ribera y su interacción con ecosistemas terrestres.
3. Alteración de hábitats para la flora y fauna, por ruido, polvo, descargas, etc. Afectación sobre procesos de nidificación, alimentación, etc., de la avifauna.
4. Menor heterogeneidad de hábitat a nivel del espejo de agua por disminución de caudal ecológico, lo que repercute en una serie de consecuencias, como disminución de la biodiversidad acuática y ocupación de nichos por parte de la biota exótica.
5. Pérdida de individuos de flora y fauna nativa (depredación por fauna exótica, caza ilegal, etc.).
6. Afectación de la biota acuática producto de los cambios en la calidad del agua. Aceleración en los procesos de eutrofización.
7. Modificación de la dinámica entre los ecosistemas acuáticos y marinos.
8. Contaminación y efecto de pasivos ambientales sobre aguas superficiales y subterráneas

Dada la complejidad de los ecosistemas acuáticos, y sus múltiples relaciones y respuestas a diferente nivel espacial y temporal, así como diversos factores que los impactan, las soluciones tendientes a generar acciones reales de protección deben ser integradas. Primeramente, lo que se requiere es una gestión coordinada de los diferentes entes del estado que tienen incidencia sobre ellos, desde la planificación del territorio, la evaluación de impacto ambiental de los proyectos, las actividades comunales, hasta las fiscalizaciones. Sin coordinaciones intersectoriales, se ve como muy poco probable que se puedan proteger

de manera efectiva. Respecto de la infraestructura vial, la autoridad competente debe evaluar rutas alternativas, localizadas fuera de zonas de humedal.

**Tabla 5-16. Principales amenazas detectadas por humedal de interés**

| <b>Amenazas</b>                        | <b>Río Pingueral</b> | <b>Estero Bellavista</b> | <b>Vegas de Coliumo</b> | <b>Rocuant-Andalién</b> | <b>Estero Nonguén</b> | <b>Vasco da Gama</b> |
|----------------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Infraestructura Vial/flujo vehicular   |                      |                          |                         |                         | <b>X</b>              |                      |
| Desarrollo inmobiliario/Urbanización   | <b>X</b>             | <b>X</b>                 | <b>X</b>                | <b>X</b>                | <b>X</b>              | <b>X</b>             |
| Descargas/Contaminación                |                      |                          | <b>X</b>                | <b>X</b>                | <b>X</b>              | <b>X</b>             |
| Desarrollo industrial                  |                      |                          |                         | <b>X</b>                |                       | <b>X</b>             |
| Turismo no regulado                    |                      |                          | <b>X</b>                | <b>X</b>                |                       |                      |
| Extracciones                           |                      |                          | <b>X</b>                |                         | <b>X</b>              |                      |
| Fauna y flora exótica                  |                      | <b>X</b>                 | <b>X</b>                | <b>X</b>                |                       |                      |
| Deforestación                          | <b>X</b>             |                          | <b>X</b>                |                         |                       |                      |
| Micro basurales, contaminación y otros |                      |                          | <b>X</b>                | <b>X</b>                |                       | <b>X</b>             |

Fuente: Elaboración propia

Luego, se requiere de un cambio en el que la ciudadanía percibe la importancia de estos ecosistemas, puesto que éstos son visualizados como basurales, sitios de paseo de fauna doméstica, actividades de picnic sin retiro de la basura doméstica, disposición del ganado, etc. Por tanto, se deben implementar acciones de educación ambiental y prohibiciones. En este sentido, tener control en el acceso es fundamental.

Como se pudo observar en la Tabla 5-16, las amenazas tienden a ser similares en el territorio, destacándose la fuerte presión de la urbanización en los sistemas de humedales asociados a la bahía de Concepción. Por tanto, no se podría determinar acciones específicas por humedal, sino más bien una gestión integrada como se mencionó anteriormente, la cual debería ir acompañada de un Plan de Restauración Ecológica de los humedales, tendiente a aunar acciones de educación ambiental, monitoreo de ecosistemas, reforestación, control de amenazas, entre otros.



De los ecosistemas de interés, ninguno se encuentra declarado como Humedal Urbano, y tres se encuentra en proceso (Tabla 5-17). En las cuencas costeras bajo estudio, sólo se encontró un humedal declarado, correspondiente al Humedal Pichimapu (información disponible en <https://humedaleschile.mma.gob.cl/>).

**Tabla 5-17 Estado de protección de humedales urbanos**

| <b>Estatus declaración</b> | <b>Río Pingueral</b> | <b>Estero Bellavista</b> | <b>Vegas de Coliumo</b> | <b>Rocuant-Andalién</b> | <b>Estero Nonguén</b> | <b>Vasco da Gama</b> |
|----------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| Presentado                 |                      |                          | <b>X</b>                | <b>X</b>                |                       | <b>X</b>             |
| En proceso*                |                      |                          | <b>X</b>                |                         |                       | <b>X</b>             |
| Declarado                  |                      |                          |                         |                         |                       |                      |

\* con Resolución favorable para admisibilidad.

Fuente: MMA

Se debe mencionar además la contaminación puntual que experimentan algunos cursos de agua, por ejemplo, el Estero Landa, mencionada en los talleres de Participación Ciudadana.

#### **5.2.2.3 BECO 3 Pérdida y degradación de vegetación terrestre**

##### **5.2.2.3.1 Pérdida y degradación**

Como ya fue expuesto en el punto 2.1.1.3 de este informe el Sistema Integrado de Monitoreo de Ecosistemas Forestales Nativos de Chile (SIMEF) permite obtener análisis respecto a la variación de las diferentes coberturas de suelo entre al menos dos periodos. En la Tabla 5-18 se entregan los porcentajes de superficie de bosque nativo respecto al área total de la zona de estudio y como han variado desde el año 2000.

De acuerdo con los datos expuestos para la cuenca, la cobertura de bosque nativo ha variado negativamente, con un total de 546,4 hectáreas desde 2013 a 2019 (91,1 ha por año). El valor antes indicado precisa la disminución de la superficie de estas formaciones, aunque podría estar condicionado por los incendios forestales de 2017. Se indica también que este valor no refleja las superficies de bosques que son degradadas, lo cual podría aumentar la pérdida de superficie vegetal nativa de relevancia para los servicios ecosistémicos.

**Tabla 5-18. Bosque nativo respecto área total de la zona de estudio**

| Subuso                                  | Extrapolación<br>Año 2000 | Año<br>2013 | Año<br>2016 | Año<br>2017 | Año<br>2019 |
|-----------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Bosque Nativo (%)                       | 18,74%                    | 14,01%      | 14,02%      | 14,02%      | 13,64%      |
| Bosque Nativo (ha)                      | 22.220,6                  | 21.036,7    | 21.062,9    | 21.051,5    | 20.490,2    |
| Pérdida acumulada de Bosque Nativo (ha) | -                         | -1.183,90   | -1.157,70   | -1.169,10   | -1.730,40   |

Fuente: Elaboración propia en base a SIMEF (2019)

**En consecuencia, se estima la pérdida de 1.730,4 ha entre los años 2000 y 2019, reduciéndose la participación de bosque nativo desde el 18,7 al 13,6% de la cuenca.**

Por su parte, las plantaciones forestales se han incrementado en el periodo de tiempo estudiado (Tabla 5-19).

**Tabla 5-19. Plantaciones forestales respecto área total de la zona de estudio**

| Subuso                                               | Extrapolación<br>Año 2000 | Año<br>2013 | Año<br>2016 | Año<br>2017 | Año<br>2019 |
|------------------------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Plantación forestal (%)                              | 54,12%                    | 55,73%      | 55,82%      | 56,03%      | 56,48%      |
| Plantación forestal (ha)                             | 81.288,76                 | 83.713,26   | 83.840,31   | 84.157,73   | 84.832,02   |
| Incremento acumulado de Plantaciones Forestales (ha) | --                        | 2.424,50    | 2.551,55    | 2.868,97    | 3.543,26    |

Fuente: Elaboración propia en base a SIMEF (2019)

El incremento de las plantaciones forestales desde 2013 a 2019, si se traduce a unidad de área corresponde a 1.118 hectáreas (186,5 ha por año). Al extrapolar esta tasa al año 2000, se tiene un incremento aproximado de 3.543,6 ha, pasando desde el 54,1% al 56,5% del total de la cuenca.

Sin existir datos precisos para cuantificar el fenómeno, y su real afectación respecto a las superficies vegetacionales, podría resultar en que las parcelaciones o loteos (terrenos agrícolas que se acogen al DL. 3516 de 1980<sup>19</sup>) se transformen en una manera de gestión territorial que aumente las tasas de pérdida de bosque nativo en la zona de estudio. En entrevistas y talleres desarrollados por este estudio, los profesionales del Servicio Agrícola y Ganadero han indicado que durante los últimos 7 años las solicitudes de proyectos de subdivisión agrícola se han incrementado (hasta en tres veces), y que muchas de esas

<sup>19</sup> Decreto Ley 3.516 de 1980. Establece Normas Sobre División de Predios Rústicos

parcelas aún no son utilizadas o transferidas, por lo cual se podría pensar que su real afectación aún está por generarse.

Se agrega lo expuesto por Núñez y Yajure (2022), los cuales indican que loteos y/o parcelaciones se han visto incrementados por la pandemia y las cuarentenas prolongadas, donde muchos habitantes habituales de las grandes urbes nacionales deciden emigrar a los espacios rurales. Este proceso está teniendo efectos negativos sobre la biodiversidad y el paisaje en diferentes regiones del país. Indican además como a la pérdida de biodiversidad y fragmentación de ecosistemas, se debe sumar el aumento de la demanda de agua rural, inexistencia de planificación territorial, sobrecarga de la vialidad existentes con el consiguiente aumento en la producción de CO<sub>2</sub>. A esto se suman los resultados del estudio de Gálvez *et al* (2021), los cuales indican que las subdivisiones de tierra están siendo más relevantes que la pérdida o fragmentación de bosque en la disminución de meso carnívoros nativos, lo cual podría estar condicionado por la relación directa entre loteos y la aparición de mascotas (perros y gatos domésticos principalmente).

De lo expuesto se indica que la utilización de áreas periurbanas para generar núcleos urbanos en terrenos de usos agrícolas o forestal podría resultar en altos riesgos ambientales potencialmente irreversibles como la pérdida de valiosa tierra agrícola, el aumento de costos en infraestructura permanente, mayor consumo de energía, cambio en el uso del suelo, entre otros. Para el territorio se agrega la problemática que generan la utilización de espacios rurales, en cuanto el aumento de las áreas de interfaz urbano/rural, con el consecuente aumento de los riesgos de incendios forestales.

Se conoce que las parcelaciones están generando asentamientos generalmente sin acceso a agua potable, alcantarillado, vialidad o el alumbrado público, y que como se ha expresado, el medio rural no estaría preparado para satisfacer los nuevos núcleos urbanos, pudiendo sobre demandar las napas subterráneas, acumulación de residuos domiciliarios, por mencionar algunos. En el caso de la cuenca en análisis, las entrevistas a diversos actores del territorio indican que estos proyectos se presentan como áreas disruptivas dentro del paisaje rural y que difícilmente se integran con las comunidades locales, generando ciertos niveles de segregación.

#### 5.2.2.3.2 **Análisis a escala de paisaje**

Los usos de suelos se definen utilizando como información de base lo que pone a disposición la Corporación Nacional Forestal en el Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF, 2016, cuyos usos fueron reclasificados utilizando la columna de "Uso de la Tierra" para definir las clases que formarían parte de la estructura del paisaje en la cuenca de estudio.

La información fue procesada utilizando ArcGIS 10.5: Software de *Environmental Systems Research Institute, Inc.*, software de sistemas de información geográfica (GIS) y trazado de mapas para computadores. Este tiene la capacidad de visualizar, explorar, consultar y analizar datos de forma espacial, permitiendo sistematizar los polígonos a utilizar en el análisis de paisaje.

En la Tabla 5-20 se entrega detalles respecto a la información de base y la reclasificación desarrollada para “Uso de la Tierra”.

Al realizar un análisis de detalle según los usos de la tierra se identifica una importante presencia de plantaciones forestales, principalmente con las especies de *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*, cobertura que alcanza las 83.831 hectáreas en la cuenca (56%). A estas unidades se debe sumar las formaciones de bosque nativo que tienen individuos de especies exóticas, áreas que se puede presumir que se encuentran en riesgo de las dinámicas naturales. Lo descrito además es posible extrapolar al resto de las regiones que forman la zona de estudio, en cuanto el Observatorio CIREN<sup>20</sup> indica las regiones que presentan mayor superficie en hectáreas de Bosque Nativo Con Exóticas Asilvestradas Semidenso son Biobío (10,7 mil ha), Ñuble (5,65 mil ha) y Maule (4,14 mil ha), agregando los datos por provincia, donde son Biobío, Concepción, e Itata.

Lo descrito en el párrafo anterior cobra sentido cuando se atiende lo expuesto por Peña *et al* (2004), quienes indican que las invasiones de árboles exóticos pueden producir cambios en las funciones ecosistémicas y la diversidad biológica. Los mismos autores precisan que en el área metropolitana del Gran Concepción existe una alta presencia de *Acacia melanoxylon* y en muchos sitios crecen individuos de *Pinus radiata* bajo el bosque nativo. Es la condición en la zona de protección del Valle Nonguén, donde los individuos descritos invaden después de los incendios o cosechas, donde se introducen en rodales de *Nothofagus*, donde actúan como especies semitolerante a la sombra.

**Tabla 5-20. Información base y reclasificación de clases de paisaje**

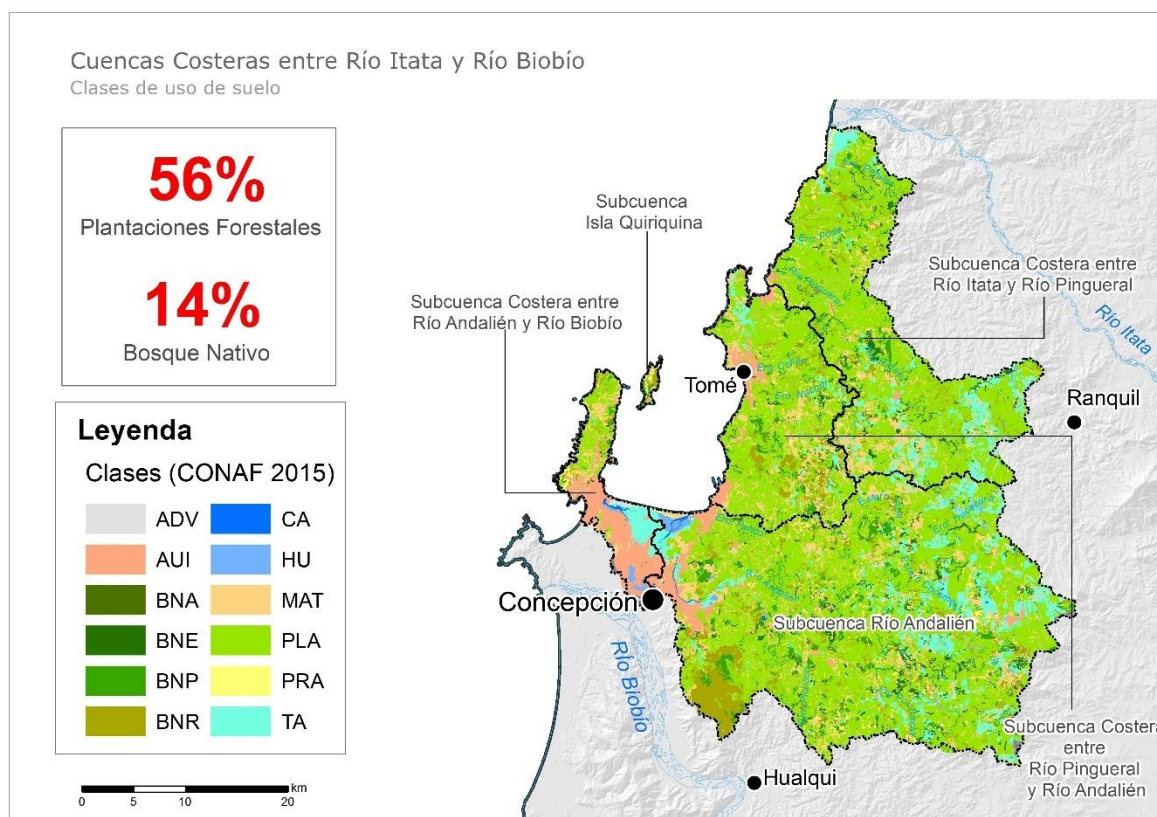
| Clase Análisis           | Uso de la Tierra Catastro CONAF      | Superficie (ha) | Sigla o Clase |
|--------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|
| BOSQUE NATIVO RENOVAL    | Bosque Nativo Renoval Abierto        | 10.137,6        | BNR           |
|                          | Bosque Nativo Renoval Denso          |                 |               |
|                          | Bosque Nativo Renoval Semidenso      |                 |               |
| BOSQUE NATIVO PLANTACIÓN | Bosque Nativo Plantación Abierto     | 6.632,7         | BNP           |
|                          | Bosque Nativo Plantación Denso       |                 |               |
|                          | Bosque Nativo Plantación Semidenso   |                 |               |
| BOSQUE NATIVO ADULTO     | Bosque Nativo Adulto-Renoval Abierto | 234,7           | BNA           |
|                          | Bosque Nativo Adulto-Renoval Denso   |                 |               |

<sup>20</sup> [https://observatorio.ciren.cl/profile/uso\\_de\\_suelos/bosque-nativo-con-exoticas-asilvestradas-semidenso](https://observatorio.ciren.cl/profile/uso_de_suelos/bosque-nativo-con-exoticas-asilvestradas-semidenso)

| Clase Análisis                   | Uso de la Tierra Catastro CONAF                    | Superficie (ha) | Sigla o Clase |
|----------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------|---------------|
| BOSQUE NATIVO EXOTICA            | Bosque Nativo Adulto Denso                         | 3.820,5         | BNE           |
|                                  | Bosque Nativo con Exóticas Asilvestradas Abierto   |                 |               |
|                                  | Bosque Nativo con Exóticas Asilvestradas Denso     |                 |               |
|                                  | Bosque Nativo con Exóticas Asilvestradas Semidenso |                 |               |
| MATORRAL                         | Matorral-Pradera Abierto                           | 19.073,8        | MAT           |
|                                  | Matorral-Pradera Denso                             |                 |               |
|                                  | Matorral-Pradera Semidenso                         |                 |               |
|                                  | Matorral Abierto                                   |                 |               |
|                                  | Matorral Arborescente Abierto                      |                 |               |
|                                  | Matorral Arborescente Denso                        |                 |               |
|                                  | Matorral Arborescente Semidenso                    |                 |               |
|                                  | Matorral Denso                                     |                 |               |
| HUMEDALES                        | Vegas                                              | 900,4           | HU            |
|                                  | Otros terrenos húmedos                             |                 |               |
| TERRENO AGRÍCOLA                 | Terreno agrícola                                   | 13.824,7        | TA            |
|                                  | Rotación cultivo pradera                           |                 |               |
| PRADERAS                         | Praderas anuales                                   | 2.257,0         | PRA           |
|                                  | Praderas perennes                                  |                 |               |
| ÁREAS DESPROVISTAS DE VEGETACIÓN | Afloramientos Rocosos                              | 760,5           | ADV           |
|                                  | Playas y Dunas                                     |                 |               |
|                                  | Cajas de Río                                       |                 |               |
|                                  | Otros sin Vegetación                               |                 |               |
| ÁREAS URBANAS E INDUSTRIALES     | Minería Industrial                                 | 7.502,6         | AUI           |
|                                  | Ciudades, Pueblos, Zonas Industriales              |                 |               |
| CUERPOS DE AGUA                  | Lagos, Lagunas, Embalses, Tranques                 | 355,8           | CA            |
|                                  | Ríos                                               |                 |               |
| PLANTACIÓN                       | Plantación Joven o Recién Cosechada                | 83.831,4        | PLA           |
|                                  | Plantación con Exóticas Asilvestradas              |                 |               |
|                                  | Plantación Adulta                                  |                 |               |
| <b>TOTAL</b>                     |                                                    | <b>149.332</b>  |               |

Fuente: Elaboración propia en base a información CONAF (2016)

Complementando lo entregado en la tabla anterior, la Figura 5-9 permite visualizar como están ordenadas las clases en la cuenca en estudio.



Fuente: Elaboración propia en base a información CONAF (2016)

**Figura 5-9. Clases de uso del suelo**

Para el cálculo de índices de paisaje se utilizó el software FRAGSTATS 4.0. Se definen índices a nivel de paisaje y clases, considerando el primero como la superficie total de la cuenca. En los párrafos que siguen se detallan los índices utilizados, realizando revisión en cuantificación sobre composición y configuración.

Existen numerosos índices que permiten cuantificar la fragmentación de los sistemas naturales y sus consecuencias sobre procesos ecológicos, como productividad de los ecosistemas, dinámica poblacional que afecta a la biodiversidad y otras propiedades y servicios de los sistemas naturales (Mateucci, 2005). Según lo indicado por Tischendorf (2001) no existiría acuerdo respecto de cuáles de las medidas de caracterización reflejan mejor las funciones o procesos, ni si realmente las reflejan, aunque sí se reconoce la correlación entre algunos índices por lo que serían redundantes (Baldwin et al., 2004; Wu et al., 2002; Wu, 2004).

---

Con lo anterior la composición y configuración espacial de los parches del paisaje, principalmente de formaciones vegetacionales fragmentados, se calcula en base a la selección del siguiente set de índices seleccionados a partir de la revisión y análisis de la información de base disponible, y entendiendo además los alcances propios del Plan Estratégico de Gestión Hídrica.

Los índices seleccionados para la caracterización y análisis de la heterogeneidad del paisaje son los siguientes, algunos son a escala de clase de uso y otros a nivel de paisaje. Se recopilan antecedentes de una diversidad de índices de análisis de la estructura del paisaje, considerando para cada uno de ellos la información que entrega, las interpretaciones ecológicas posibles de realizar, con el objetivo de entregar la mejor y mayor cantidad de información posible de la composición y configuración espacial del paisaje.

Así, los índices de composición del paisaje evaluados corresponden a:

- Número de parches (NP)
- Densidad de Parches (PD)
- Borde Total (TE)
- Área Media Parches (MPS)
- Cambio en la forma de los parches (MN)

Sobre configuración espacial del paisaje se definen los siguientes índices:

- Media densidad de parche (PD)
- Media de la dimensión fractal de los parches (MPFD)
- Media Vecino más cercano (MNN)
- Índice de diversidad de Shannon (SHDI) y Simpson (SIDI)

Con los antecedentes de clase ya definidos, y el proceso realizado en el programa FRAGSTATS 4.0, para la escala de Clases se obtienen los resultados listados en la Tabla 5-21.

Se analizaron 12 (doce) clases de uso de suelo que cubren la superficie total de la cuenca en estudio. Respecto a la presencia de cada clase, la que tiene un mayor número de parches es "Matorral" (4.784), seguido de "Bosque Nativo Renoval" (1.631), siendo éstas dos formaciones que no tienen las principales áreas respecto al total de la zona de estudio, siendo así el número de parches un indicador de la fragmentación de las cubiertas vegetales nativas en la cuenca.

En cuanto la superficie por cada clase definida, quien tiene una mayor presencia es "Plantación (Forestal)", lo que es claro al observar la gráfica anterior y consecuente con la demanda de diversos actores del territorio, en vista del impacto paisajístico de esta matriz en la cuenca.



**Tabla 5-21. Análisis paisaje a escala de clases**

| CLASE                            | Número de Parches por clase (NP) | Área de cada clase (ha) | PD (densidad de parche) | TE (Total de Borde m) | Área promedio parche por clase (ha) | Dimensión Fractal (FRACTAL MN) |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Terreno agrícola                 | 1.038                            | 13.847,0                | 0,56                    | 2.604.450             | 13,34                               | 1,073                          |
| Áreas desprovistas de vegetación | 1.190                            | 753,0                   | 0,64                    | 346.650               | 0,63                                | 1,017                          |
| Praderas                         | 716                              | 2.267,0                 | 0,39                    | 735.350               | 3,16                                | 1,107                          |
| Plantación                       | 1.032                            | 84.041,3                | 0,56                    | 9.650.450             | 81,43                               | 1,062                          |
| Áreas urbanas e industriales     | 204                              | 7.522,0                 | 0,11                    | 538.350               | 36,87                               | 1,062                          |
| Bosque nativo plantación         | 1.277                            | 6.633,8                 | 0,69                    | 1.793.350             | 5,19                                | 1,073                          |
| Matorral                         | 4.784                            | 19.091,8                | 2,59                    | 5.718.450             | 3,99                                | 1,065                          |
| Bosque nativo renoval            | 1.631                            | 10.151,3                | 0,88                    | 2.381.700             | 6,22                                | 1,075                          |
| Bosque nativo exótica            | 862                              | 3.831,3                 | 0,47                    | 1.208.950             | 4,44                                | 1,074                          |
| Bosque nativo adulto             | 37                               | 235,3                   | 0,02                    | 62.700                | 6,35                                | 1,073                          |
| Cuerpos de agua                  | 199                              | 350,0                   | 0,11                    | 132.400               | 1,75                                | 1,044                          |
| Humedales                        | 87                               | 903,3                   | 0,05                    | 167.300               | 10                                  | 1,648                          |

Fuente: Elaboración propia

Sobre la Densidad de Parches este índice expresa el número de fragmentos por unidad de superficie (hectárea), donde una clase con mayor densidad de fragmentos está más fragmentada y la densidad está directamente relacionada con el número de parches. En los resultados obtenidos las clases con mayor Densidad de Parches son Bosque Nativo Renoval (0,883), seguido de "Bosque Nativo Plantación" (0,6914) lo que indicaría que estas unidades vegetacionales se encuentran en un considerable nivel de fragmentación, situación que podría estar relacionada con factores como la distribución de las plantaciones forestales en el territorio.

El Total de Borde (TE) es la suma de las longitudes (m) de todos los segmentos de borde que involucren el tipo de parche correspondiente. Para la cuenca en estudio se determina que la mayor longitud de borde lo presenta la clase Plantación, seguido de Matorral. De



esto se puede indicar que a mayor TE corresponde a una clase que está formado por polígonos de forma irregular o directamente es porque son las clases con mayor representación en la cuenca. Por su parte el área promedio por cada clase (ha) es la clase de Plantación la cual tiene una mayor área promedio por clase, destacando que es seguido por la clase Áreas Desprovistas de Vegetación.

Una Dimensión Fractal mayor que 1 (uno) para un parche bidimensional indica una desviación de la geometría euclidiana (es decir, un aumento en la complejidad de la forma). Cuando la FRAC es cercana a 1 para formas con perímetros muy simples, como cuadrados, y se acerca a 2 cuando las formas tienen perímetros de relleno de planos muy complicados. Para todas las clases listada en este análisis los resultados del índice FRAC no se consideran altos, por lo que se puede determinar que los perímetros de los parches identificados son simples.

Complementando el análisis a escala de clases, en la Tabla 5-22 se entregan los resultados obtenidos al realizar la sistematización a escala de paisaje.

**Tabla 5-22. Análisis a escala de paisaje**

| <b>NP (número<br/>parches)</b>                        | <b>PD (densidad de<br/>parche)</b>                                            | <b>ED<br/>(densidad de borde)<br/>(ha)</b> | <b>SHAPE_MN<br/>(índice de forma<br/>MSI)</b> |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 13.889                                                | 7,51                                                                          | 68,59                                      | 1,69                                          |
| <b>FRAC_MN<br/>(media dimensión<br/>fractal MPFD)</b> | <b>ENN_MN<br/>(Distancia más<br/>cercana euclidiana<br/>vecina)<br/>(MNN)</b> | <b>SHDI<br/>(Índice de Shannon)</b>        | <b>SIDI<br/>(índice de Simpson)</b>           |
| 1,074                                                 | 176,12                                                                        | 1,71                                       | 0,73                                          |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior el índice NP se relaciona con el evaluado a escala de clase (13.889 parches). La importancia de este valor en la escala de paisaje es que permite revisar el grado de fragmentación de un tipo particular de ecosistemas y puede ser importante para diversos procesos ecológicos. En particular para la zona de estudio se tiene una importante cantidad de parches, aunque sería necesario un análisis y estudio que permita clasificar aún de manera más detalladas el bosque nativo, considerando sus grados de desarrollo y los índices de degradación de las unidades vegetacionales.

La densidad de borde (ED) correspondería a la cantidad de perímetro de todas las clases evaluadas respecto al área total del paisaje, correspondiente a la suma total de todas las

longitudes de borde dividido entre el área total del paisaje. Este índice va desde cero y sin límite superior. Entre más cercano a cero sea este índice significa que el número de clases se acerca a uno. El valor 68,59 indicaría que el paisaje tiene un considerable grado de variabilidad, aunque podría ser mayor al realizar un análisis más detallado sobre las unidades vegetacionales, sobre todo considerando comentarios de los actores entrevistados que indican que la degradación del bosque se ha incrementado los últimos años.

Respecto al índice PD resulta importante al analizar el área de estudio ya que expresa el número de parches por unidad de área, donde se puede mencionar que un paisaje con un mayor PD es considerado más fragmentado que un paisaje con una menor PD. De los resultados obtenidos para la zona de estudio este índice presenta un valor de 7,51 para el paisaje de la cuenca costera, lo que indicaría que existe ese número de parches por hectárea, lo cual reflejaría un grado considerable de fragmentación en el territorio.

Respecto al índice MPFD es utilizado en el análisis de ecosistemas para cuantificar la complejidad de las formas de los parches en un paisaje. El resultado es de 1,074 indica formas simples de baja complejidad, similar a los valores obtenidos en el análisis de clases. Esta situación podría estar condicionada por la gran superficie que presenta el bosque nativo en este territorio y la baja especificidad que permiten desarrollar los antecedentes disponibles.

La distancia media del vecino más cercano para el paisaje (MNN) es de 176,12 metros, lo cual podría ser considerado una distancia menor al evaluar la cercanía de los diferentes ecosistemas, aunque condicionando el movimiento de las especies de fauna terrestre y los mecanismos de polinización de la vegetación existente. Se debe considerar, y sería preciso evaluar con más detalle las reales opciones de la fauna terrestre nativa de poder tener una adecuada relación con la matriz de plantación forestal, y también a la propagación de las mismas especies de flora nativa de distribuir semillas y propagarse antes la distribución del paisaje identificado. Se agrega también que el fenómeno de loteos o parcelaciones y los cercos perimetrales de cada unidad predial, podrían incrementar esta distancia y dificultar los movimientos e intercambios entre los diferentes ecosistemas.

Los índices de diversidad de Shannon y de Simpson se utilizan para evaluar la diversidad del paisaje, donde acuerdo al valor obtenido en la cuenca en estudio indicaría una baja o mediana riqueza de parches o clases. Para Shannon valores inferiores a 2 se consideran bajos en diversidad, mientras que Simpson (o índice de dominancia para paisaje) puede asumir valores entre 0 y 1, siendo 1 la uniformidad completa y cercano a 0 se presenta la mayor heterogeneidad del paisaje. De este último índice el valor es 0,73 lo cual sería resultante en un paisaje relativamente uniforme.

Sobre lo expuesto en los párrafos anteriores se debe considerar que los valores podrían estar condicionados por la agrupación de usos de suelo con los cuales ha sido aplicada la metodología.

Respecto las conclusiones que se pueden obtener de la información sistematizada y analizada, se menciona que la composición del paisaje indica que los principales usos de suelo tienen algún tipo de cubierta vegetal, correspondiente mayormente a bosque nativo, lo cual entrega una idea de base sobre la composición del panorama de la cuenca. Sin embargo, y considerando las dinámicas identificadas por los profesionales públicos en el marco de entrevista realizadas, sería necesario profundizar el análisis a escala de paisaje para evaluar la incidencia de las parcelaciones en la fragmentación de hábitats, y por sobre todo evaluar temporalmente la relación bosque nativo versus plantaciones forestales.

Sobre el número de parches la concentración de indicador no tiene una relación directa con la clase que presenta un tamaño medio mayor del parche. Es la clase Matorral la cual presenta mayor número de parches, no siendo este uso el de mayor tamaño promedio por parche, pudiendo indicar esto una atomización de esta clase y la correspondiente fragmentación que generaría en los ecosistemas naturales. Situación similar se da para las formaciones con presencia de bosque nativo, en cuanto no siendo relevantes en la representación de sus áreas respecto el total de la cuenca, se presentan con un considerable número de parches. también es relevante destacar este indicador ya que la superficie de matorral indicaría superficies anteriores de bosque nativo que han sido degradadas, y que sus estados sucesionales han sido interrumpidos por actividades antrópicas.

Los resultados obtenidos de este análisis, cruzados además con los indicadores de cambios de uso de suelo en las últimas décadas para el territorio y lo propio del cambio climático, permiten inferir de la necesidad de establecer iniciativas de gestión territorial que sean conducentes a lograr la sostenibilidad para las formaciones vegetacionales nativas en la zona de estudio. Esto debido principalmente a los conocidos servicios ecosistémicos y relación con el ciclo hidrológico de la flora nativa.

#### 5.2.2.4 **BECO 4 Degradación y desertificación**

Complementando los antecedentes entregados sobre la erosión en la zona de estudio, resulta relevante destacar la información disponible sobre la degradación de suelos en el territorio. Para CIREN (2012) la degradación<sup>21</sup> de este recurso tiene relación directa con la

---

<sup>21</sup> De acuerdo con la CNUCL (1994), la degradación de las tierras se define como la reducción o pérdida, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, a causa de un proceso o una combinación de procesos y sistemas de utilización de la tierra, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento.

desertificación<sup>22</sup>, fenómeno que en el país tiene fuertes impactos ambientales y socioeconómicos.

Por su parte, Osorio, M. y Oyarce, N. (2010) definen desertificación como “*Degradación de las tierras áridas, semiáridas y zonas subhúmedas secas y que es causado principalmente por variaciones climáticas y actividades humanas tales como el cultivo y el pastoreo excesivo, la deforestación y la falta de riego*”. De la definición anterior se entiende que los factores que condicionan la desertificación son difíciles de evaluar debido a su gradualidad temporal y a su extensa distribución a través del territorio. El mismo CIREN (2012) precisa que la deforestación, la introducción de la ganadería y otras obras hidráulicas han incidido en poner en riesgo la integridad de los recursos naturales, especialmente del suelo y los recursos bióticos, en diversas regiones del país.

En particular de la cuenca en estudio es relevante destacar estos indicadores, en cuanto son capaces de ponderar diversos factores que indiquen en el desarrollo ecosistémico de su entorno natural. Sobre la desertificación es determinada por un modelo que conjuga factores de:

- Aridez
- Erosividad de lluvia<sup>23</sup>
- Erodabilidad del suelo<sup>24</sup>
- Cubierta vegetal
- Ocurrencia de incendios forestales
- Antecedentes socioeconómicos del territorio.

Así, y de acuerdo con la metodología citada, la cuenca se define Sin Riesgo de Desertificación, particularmente por considerar que esta zona correspondía a un área húmeda. Es relevante esta clasificación, cuando se determina que comunas más al sur del Biobío sí fueron definidas con riesgo.

Complementando el análisis anterior en la Figura 5-10 se muestra los resultados para el Índice de Degradación de la tierra, definido por CONAF (2016). Estos valores estuvieron establecidos de acuerdo con un modelo que conjugó la importancia de los factores:

- Erosividad de la lluvia
- Erodabilidad del suelo
- Cubierta vegetal

---

<sup>22</sup> De acuerdo con la CNUCLD (1994) la desertificación es definida como “la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas producidas por diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas.

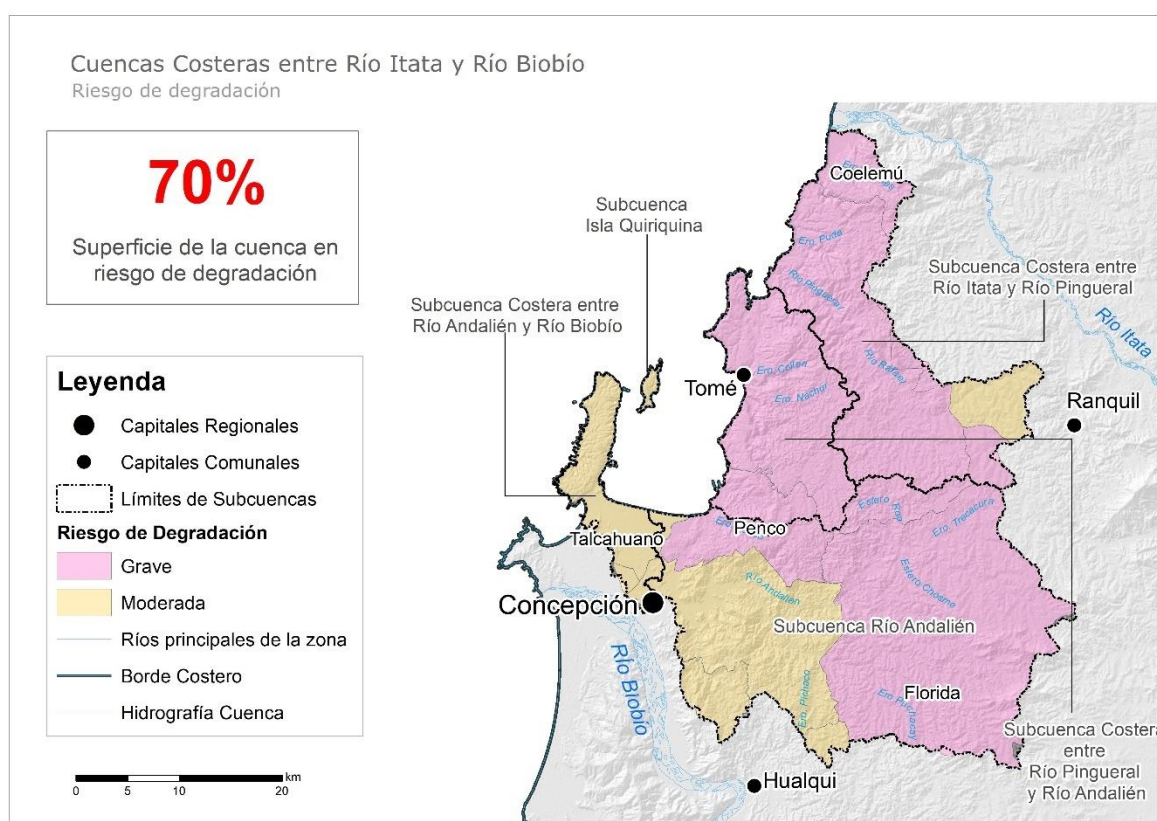
<sup>23</sup> Erosividad de la lluvia se refiere a la capacidad potencial que tienen las gotas de lluvia que impactan sobre el suelo, para generar erosión.

<sup>24</sup> Erodabilidad del suelo se refiere al material y su susceptibilidad respecto a desarrollar erosión.

---

- Carbono Orgánico del suelo
- Ocurrencia de incendios forestales
- Antecedentes socioeconómicos del territorio.

La zona de estudio se define con un 70% de su superficie con riesgo grave de Degradación de acuerdo con la fuente revisada. Este valor podría estar condicionado quizá por factores como los incendios forestales y antecedentes socioeconómicos del territorio.



Fuente: Elaboración propia en base a información CONAF (2016)

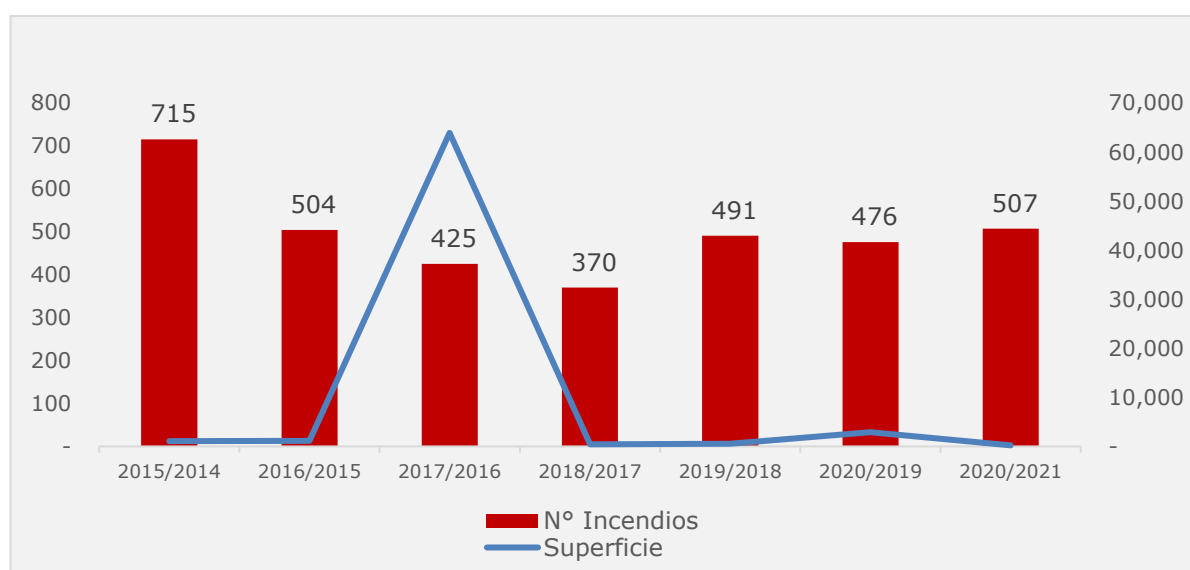
**Figura 5-10. Riesgo de degradación**

En el Gráfico 5-1 se entrega la evolución de los últimos años respecto al número de incendios y las superficies afectadas. Sobre este factor se agrega que casi en su totalidad son responsabilidad de las personas, donde los riesgos se ven incrementados al aumentar la superficie de contacto entre las áreas urbanas y rurales (interfaz urbano rural). Esto

último es relevante cuando en las comunas de la cuenca se han generado la proliferación de núcleos urbanos no formales (loteos), los cuales ayudan el aumento de probabilidades de incendios forestales.

En esta gráfica se observa cómo se genera un incremento significativo en las superficies afectadas el año 2017/2016, resultante de los incendios forestales denominados “tormenta de fuego”. Relevante de destacar corresponde a como se han mantenido bajas las áreas afectadas después del fenómeno referido, aunque preocupante es que el número de incendios no disminuye en las comunas que corresponde al área de estudio.

**Gráfico 5-1. Número de incendios forestales y superficie siniestrada**



Fuente: Elaboración propia en base a información CONAF (2022)

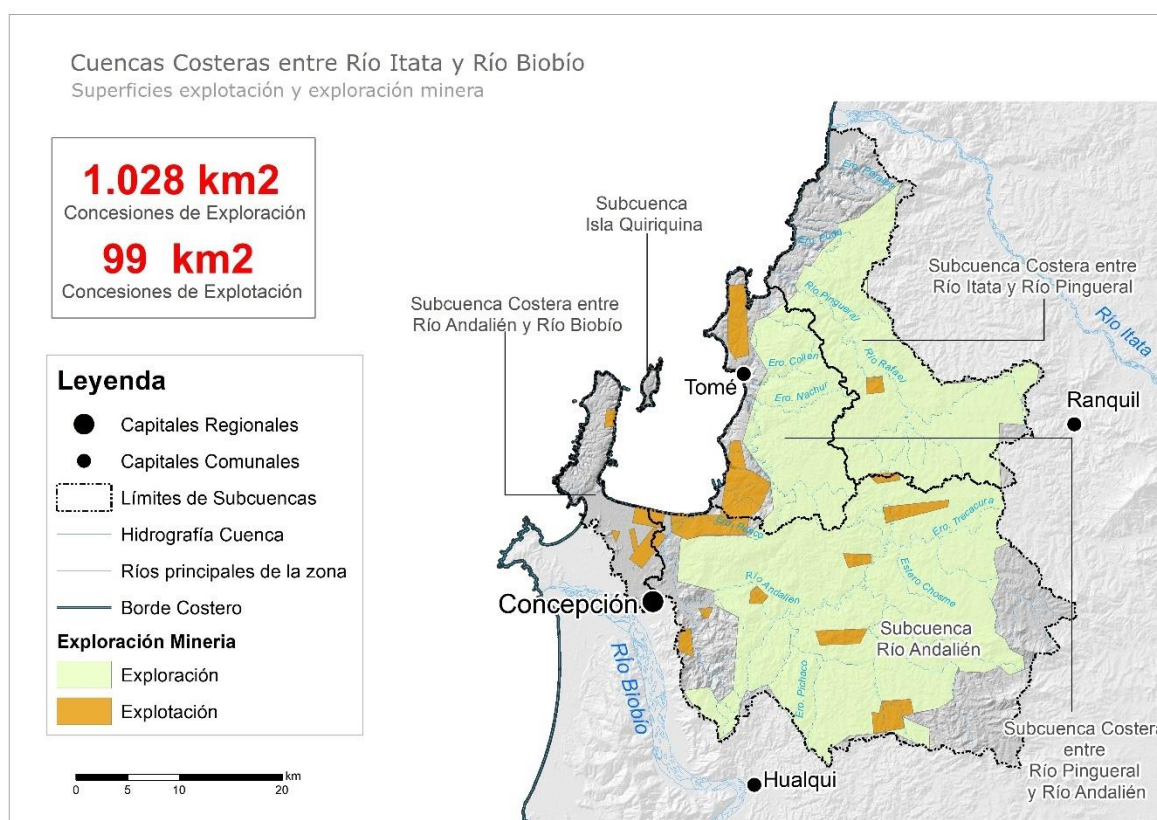
CONAF (2016) también indica el efecto de la sequía en términos de superficie y población a nivel de comunas de Chile, lo cual se analizó y sistematizó en función de los datos provenientes del Observatorio Agroclimático<sup>25</sup>, fuente que entrega mapas y figuras que muestran las condiciones de sequía actuales, y entregan información sobre la frecuencia de sequías pasadas y proyecciones de condiciones climáticas futuras. Esta fuente indica que al menos un 72% de la superficie nacional tiene problemas de sequía (leve, moderado o

<sup>25</sup> <http://www.climatedatalibrary.cl/UNEA/maproom/Monitoring/index.html?Set-Language=es#tabs-4>



grave). La fuente indicada menciona que la cuenca en estudio se clasifica en Sequía Moderada y Sequía Grave.

A lo ya expuesto se agrega lo indicado por diversos actores contactados en este estudio. Tanto ONG y municipios han reflejado preocupación por la solicitud de concesiones mineras, ya sea éstas en calidad de exploración o explotación. De lo anterior, revisando el portal del Servicio Nacional de Geología y Minería<sup>26</sup> se desarrolla la cartografía presentada en la Figura 5-11.



Fuente: Elaboración propia en base a información SERNAGEOMIN (2022)

**Figura 5-11. Superficies explotación y exploración minera**

<sup>26</sup> Revisado en <http://catastro.sernageomin.cl/map.phtml?config=518>

Sin ser la minería una actividad relevante en la cuenca se infiere que la amplia superficie dispuesta formalmente para concesiones de exploración o explotación significa que el territorio presenta una disponibilidad normativa para la actividad, la cual está condicionada la voluntad de los titulares. Así, la actividad minera podría traducirse, en el mediano plazo, en otro factor de degradación para los ecosistemas del territorio.

El análisis presentado en este apartado se complementa con la revisión del indicador 15.3.1<sup>27</sup> del Objetivo de Desarrollo Sostenible 15, realizado por el Ministerio de Medio Ambiente en el Tercer Informe de Estado de Medioambiente, año 2020. Este informe, en su capítulo 08 se refiere a "Tierras" y establece la proporción de tierras degradadas como una forma de entregar un valor para el indicador ODS antes referido.

En la Tabla 5-23 se entrega la revisión de la proporción de tierras degradadas respecto la superficie regional.

**Tabla 5-23. Porcentajes según categorías de erosión**

| Erosión             | % respecto del total regional |
|---------------------|-------------------------------|
| Erosión muy severa  | 3,17                          |
| Erosión Severa      | 6,02                          |
| Erosión Moderada    | 12,07                         |
| Erosión Ligera      | 9,11                          |
| Erosión no aparente | 45,91                         |
| Sin erosión         | 16,67                         |
| Otras categorías    | 6,98                          |
| Total               | 100,00%                       |

Fuente: MMA (2020), de acuerdo con datos CIREN (2012)

En la región del Biobío predomina la categoría de erosión no aparente, lo que se entiende que mayormente por la cubierta vegetal que declara el Catastro Vegetacional de CONAF, ya sea ésta en su calidad de vegetación nativa o plantación forestal.

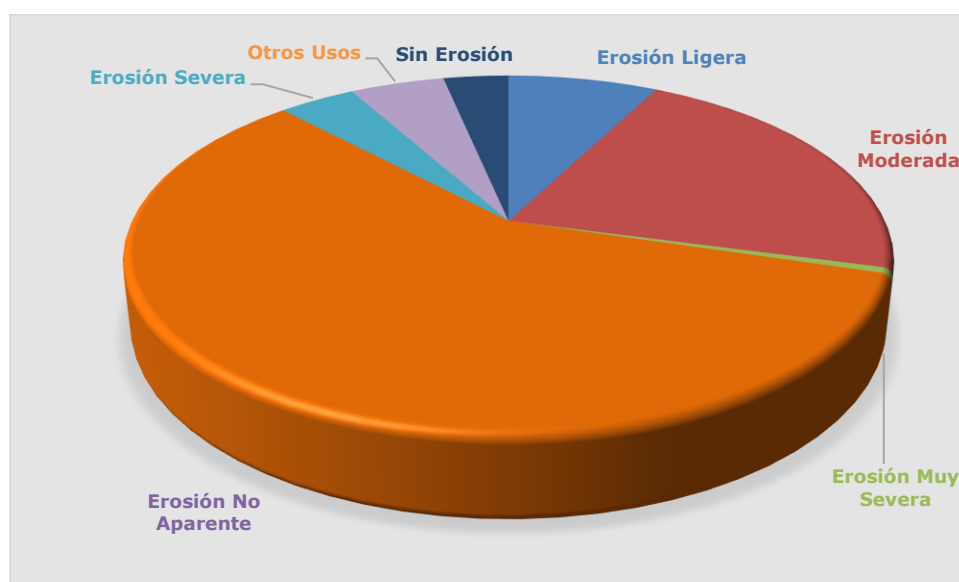
Por su parte, en la Tabla 5-24 y en el Gráfico 5-2 se entregan superficies y porcentajes por categorías de erosión en área de estudio, asimilando estos valores al ODS 15.3.1. De los

<sup>27</sup> Este indicador se denomina "Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total", y está relacionado con el ODS 15 "Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad".



resultados expuestos se obtiene que la categoría más predominante en la zona de estudio corresponde a erosión no aparente (58% del total), la cual se define cuando el suelo se encuentra protegidos por algún tipo de cubierta vegetal de densidad mayor a 75%, o su uso está sujeto a buenas prácticas de manejo (CIREN, 2021).

**Gráfico 5-2. Porcentaje categorías de erosión en área de estudio ODS 15.3.1**



Fuente: Elaboración propia, datos CIREN (2010)

**Tabla 5-24. Superficies según categorías de erosión área de estudio ODS 15.3.1**

| Erosión             | Superficie (ha) | %             |
|---------------------|-----------------|---------------|
| Erosión Muy Severa  | 751             | 0,5%          |
| Erosión Severa      | 5.858           | 3,9%          |
| Erosión Moderada    | 32.443          | 21,6%         |
| Erosión Ligera      | 11.415          | 7,6%          |
| Erosión No Aparente | 87.567          | 58,3%         |
| Sin Erosión         | 4.957           | 3,3%          |
| Otros Usos          | 7.210           | 4,8%          |
| <b>Total (ha)</b>   | <b>150.200</b>  | <b>100,0%</b> |

Fuente: Elaboración propia, datos CIREN (2010)

De los resultados expuestos para este indicador, se determina la necesidad de realizar estudios más específicos y actualizar las tasas de deforestación y degradación de la cubierta

vegetacional, en cuanto actores involucrados y diversas fuentes consultadas declaran que loteos, pertinencias mineras, y plantaciones forestales se han incrementado durante los últimos años.

### **5.2.3 Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo**

El análisis de la cuenca permite identificar como problema central a abordar la disminución en la disponibilidad y seguridad hídrica para el desarrollo de actividades productivas presenten en la cuenca (Ilustración 5-5).

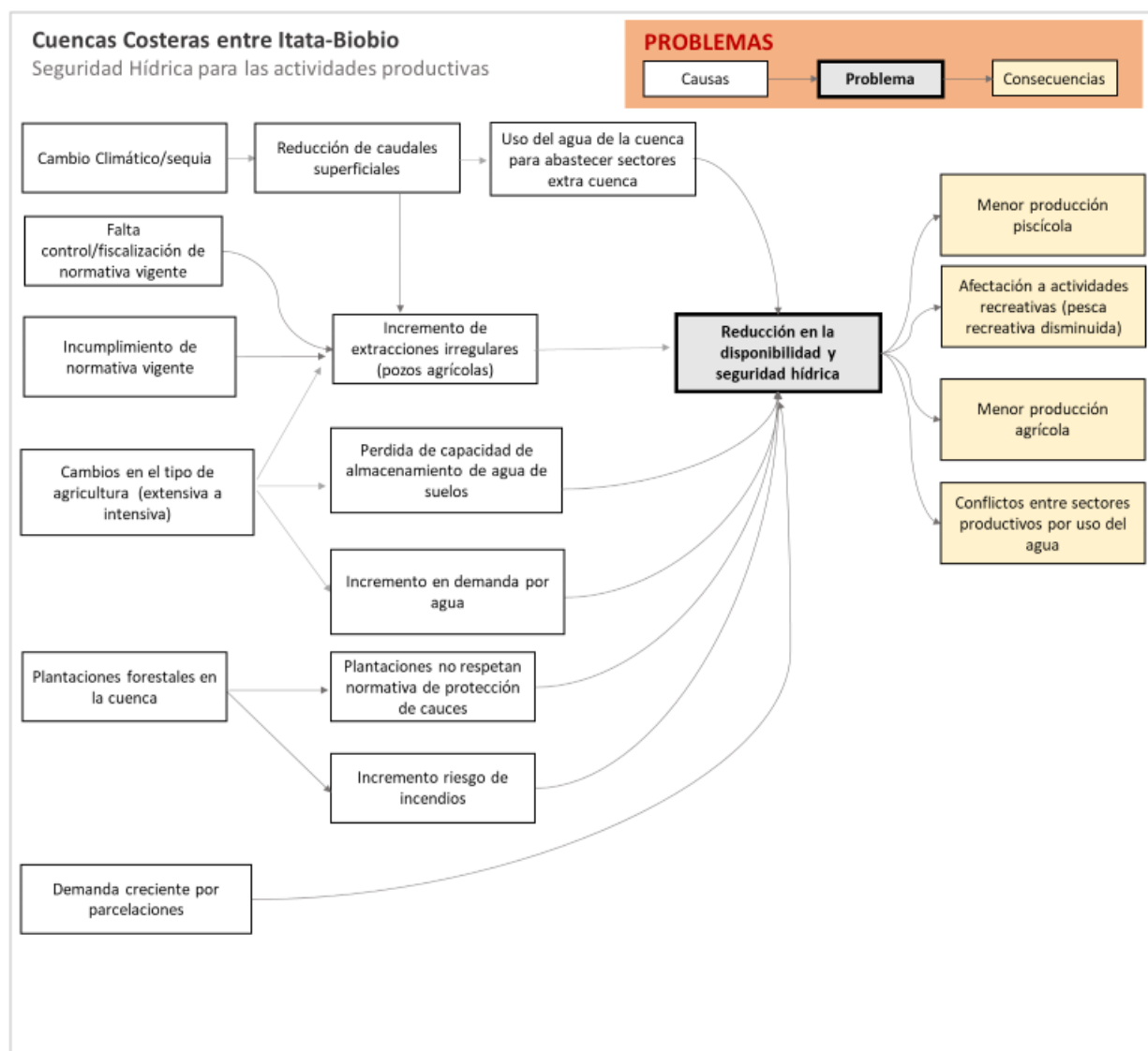
El problema central detectado tiene varias causas principales, donde la reducción de la oferta hídrica producto del cambio climático (con su manifestación actual la mega sequía), la fragmentación del uso de la tierra en agricultura y el bosque nativo, que al interrelacionarse con plantaciones forestales demandantes de recursos hídricos, genera conflictos entre usuarios (pequeños agricultores, habitantes rurales y empresas forestales).

Adicionalmente, los efectos de la sequía, sumado a una débil fiscalización y no cumplimiento de la normativa vigente ha incrementado el uso irregular de aguas de cauces (bombeo) especialmente por parte de agricultores. Cambios en los patrones de cultivo, pasando de una agricultura cerealera a cultivos de hortalizas, más demandantes por agua también contribuyen a la extracción ilegal.

Un punto de conflicto son las plantaciones forestales, cultivo predominante en la cuenca, debido a que su presencia incrementa el riesgo de incendios. Asimismo, tales plantaciones no se encuentran adecuadamente distribuidas en el territorio, estando emplazadas algunas de ellas en orilla de cauce, afectando con esto la disponibilidad de agua.

También hay causas de largo aliento dados los cambios en los patrones de cultivos, desde una agricultura extensiva a una más intensiva, determinando mayor demanda por uso del agua, y también pérdida de capacidad de almacenamiento de agua por el suelo dado su uso intensivo. Asimismo, en términos de uso del suelo, el incremento en las parcelaciones en zonas sin uso productivo precedente ha conllevado a un aumento en la demanda por agua (consumo humano).

Todas estas causas que determinan una reducción en la disponibilidad de agua, impactando la seguridad hídrica en la cuenca, traen consigo una serie de consecuencias que amenazan la sostenibilidad de actividades productivas en el territorio. En primer lugar hay potenciales afectaciones a las actividades de piscicultura, donde las bajas en caudales afectan la calidad del agua con fines de producción de alevines. También hay afectación a la productividad agrícola de baja escala. Otra consecuencia está referida a una disminución de actividades recreativas tradicionales en la cuenca como la pesca deportiva, y finalmente, la generación de conflictos entre los diferentes sectores productivos y dentro de cada sector productivo (agrícola vs. forestal), amenazando no sólo el bienestar sectorial y de cuenca.



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 5-5. Árbol de problemas para el desarrollo productivo**

### 5.2.3.1 BPRO 1 Seguridad Hídrica para la Agricultura Familiar Campesina

Un aspecto importante que emana del análisis de la información es la seguridad hídrica para las pequeñas explotaciones agrícolas, que corresponde a una agricultura de pequeña escala, gestionada y dirigida por una familia<sup>28</sup>. Este tipo de agricultura se caracteriza por tener problemas de acceso a financiamiento, bajos estándares tecnológicos, predominio de cultivos tradicionales, ganadería y baja productividad, entre otros. Dado los altos costos de inversión inicial, por lo general no tienen acceso a obras de riego. En este marco, son este tipo de agricultores que, en un contexto de reducción de la oferta hídrica, requieren hacer uso de manera eficiente de los recursos que disponen.

Para poder hacer una cuantificación sobre la representación de este grupo en la cuenca, y considerando por un lado la presencia de una agricultura de baja presencia de riego, y por otro la presencia de una actividad rural multiactiva, es decir, productores de tiempo parcial, no permanentes, orientados preferentemente al autoconsumo y venta de excedentes, principalmente al mercado interno, que complementa sus ingresos con otros ingresos de origen no agrícola. En este contexto, se consideró como perteneciente a la AFC aquellas explotaciones menores a las 10 ha, independiente si sus terrenos están bajo riego. Se entiende que tales agricultores o habitantes rurales también requieren acciones que le permitan tener mayores grados de seguridad en el acceso a recursos hídricos. En este marco, la Tabla 5-25 presenta la superficie como el número de explotaciones bajo 10 ha, donde un 71% de las explotaciones corresponde al segmento bajo 10 ha, correspondiendo a un 14% de la superficie total.

**Tabla 5-25. Estimación de unidades productivas consideradas como Agricultura Familiar Campesina**

| Tamaño de la Explotación | Explotaciones |    | Superficie |    |
|--------------------------|---------------|----|------------|----|
|                          | N             | %  | (ha)       | %  |
| Menores a 10 ha          | 3.903         | 71 | 11.465,1   | 14 |
| Mayores a 10 ha          | 1.625         | 29 | 72.087,5   | 86 |

Fuente: Elaboración propia en base a VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007).

<sup>28</sup> <https://www.indap.gob.cl/agricultura-familiar-campesina>



---

#### **5.2.4 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos**

En este punto se evalúa la incidencia de eventos extremos producto del exceso de agua (inundaciones, aluviones o remociones en masa), o bien de la falta de ésta (sequía, escasez, incendios forestales).

##### **5.2.4.1 BEXT 1 Insuficiencia de mecanismos de respuesta ante el cambio climático**

Chile, dado sus características climáticas, está frecuentemente expuesto a sequías (Aldunce & Gonzalez, 2009; Fernández & Gironás, 2021). Sin embargo, la zona centro del país, donde existe una concentración de la población como las actividades productivas (intensivas en uso de recursos hídricos) ha sufrido la más extensa sequía registrada.

**Tabla 5-26. Declaraciones de emergencia agrícola (EH) y escasez hídrica (EH) para el periodo 2010/22**

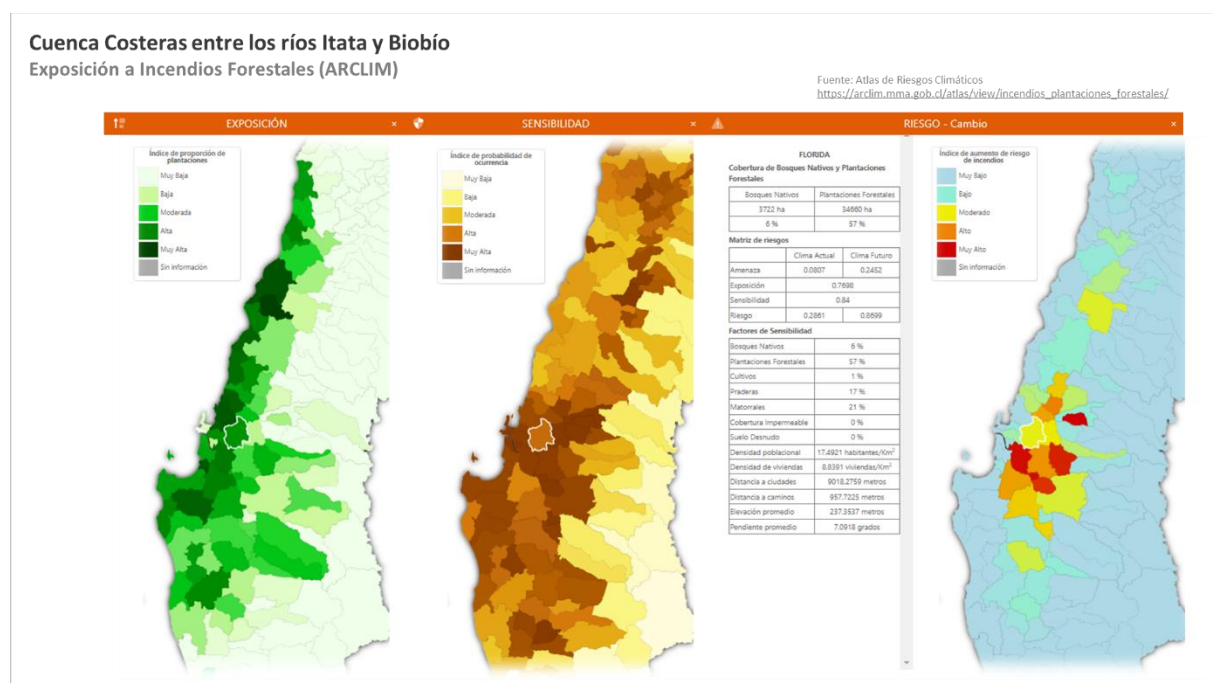
| Comuna      | Instrumento | 20<br>10 | 20<br>11 | 20<br>12 | 20<br>13 | 20<br>14 | 20<br>15 | 20<br>16 | 20<br>17 | 20<br>18 | 20<br>19 | 20<br>20 | 20<br>21 | Total    |
|-------------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Chiguayante | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>1</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| Coelemu     | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>2</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| Concepción  | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>1</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| Florida     | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>2</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| Hualpén     | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>1</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| Hualqui     | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>2</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| Penco       | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>1</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| Ránquil     | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>2</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| Talcahuano  | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>1</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |
| Tomé        | EA          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 1        | <b>2</b> |
|             | EH          | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | <b>0</b> |

Fuente: INDAP, 2022 (Solicitud de Transparencia)

Para el caso particular del presente PEGH, la Tabla 5-26 muestra para el periodo 2010/21 que las comunas dentro del área geográfica presentan bajos niveles de declaraciones tanto de emergencia agrícola (EA) como de escasez (EH). Destaca que en la cuenca no se ha decretado Escasez Hídrica en la última década, pero que las 10 comunas estuvieron en Emergencia Agrícola en 2021.

#### 5.2.4.2 BEXT 2 Elevado Riesgo de incendios forestales

La cuenca se caracteriza por una alta participación de las plantaciones forestales dentro del uso del suelo (superior al 56%), y particularmente comunas como Florida experimentan un alza en el Índice de Aumento de Riesgo de incendios elaborado por el Atlas de Riesgos Climáticos (ARCLIM).



Fuente: Atlas de Riesgos Climáticos, ARCLIM

#### Ilustración 5-6. Riesgo de incendios forestales (ARCLIM)

En este caso, el cambio de riesgo sólo considera el cambio de la amenaza (aumento de olas de calor) y mantiene los valores de exposición y sensibilidad del presente. Si bien se puede tratar el riesgo como una característica territorial (y no como consecuencia de un problema de seguridad hídrica), los incendios forestales traen aparejados riesgos para la infraestructura sanitaria, principalmente para Servicios Sanitarios Rurales y viviendas dispersas.

---

### **5.2.5 Gestión Institucional**

En este punto se evaluó las brechas a nivel de generación de información primaria y secundaria en la cuenca, fiscalización, derechos de aprovechamiento de agua y solicitudes asociadas, así como la relación con las organizaciones de usuarios de agua.

Se evaluó particularmente las brechas regionales para la implementación de las actualizaciones del Código de agua, así como para participar de la implementación del presente Plan Estratégico.

#### **5.2.5.1 BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica e hidrogeológica**

A través de reuniones con el equipo regional de hidrología de la DGA e información levantada, se considera necesario definir acuíferos representativos para realizar un seguimiento en cada uno de estos, ya que no se dispone de estaciones de niveles en pozos.

Así mismo, falta información hidrológica sobre los humedales, que permita caracterizarlos y determinar su funcionamiento, en pro de la salud de los cuerpos de agua.

No se dispone de información fluviométrica en el río Pingual (Rafael).

#### **5.2.5.2 BGES 2 Deficiencias en el estado de los derechos de aprovechamiento de aguas**

Si bien los derechos de aprovechamiento de agua son 259 a nivel superficial, y a nivel subterráneo sólo 90 derechos sobrepasan 1 l/s, se estima que existen numerosos usos distribuidos a lo largo de la cuenca que no se encuentran inscritos en el Catastro Público de Aguas, debiendo estarlo.

#### **5.2.5.3 BGES 3 Deficiencias en la fiscalización de usos irregulares del agua**

Los procesos de fiscalización enfrentan una complejidad debido a la entrega información incompleta por parte de los denunciantes, lo que dificulta que se complete la sanción al infractor. En este caso, buena parte de los procesos proviene de los mismos municipios, los que no necesariamente conocen el proceso y los requerimientos de información.

Tal como se expone la situación, el art. 56 del CdA habilita a particulares a alumbrar aguas y utilizarlas con fines exclusivamente domésticos. Bajo esta premisa es que hemos atendido fiscalización sobre estas captaciones cuando verificamos que el uso no es exclusivamente doméstico, es decir, cuando lo ocupar para piscinas, regar césped, etc.



---

Actualmente Fiscalización NC está aplicando un plan de fiscalización basado en información recopiladas desde fuentes satelitales que permite identificar ciertos parámetros de interés. Lo anterior, permite contar eventualmente con mayores antecedentes. Se debería reforzar esta iniciativa.

### **5.2.6 Gobernanza**

La gobernanza se refiere a la coordinación existente entre los actores públicos y privados para la implementación de una gestión integrada de recursos hídricos, y que va más allá del cumplimiento de las funciones específicas de estos actores.

Las brechas de gobernanza rescatan las brechas de coordinación previamente identificadas, así como otras que se levanten respecto de la implementación del plan en el corto, mediano y largo plazo.

#### **5.2.6.1 BGOB 1 Insuficiencia de las estructuras actuales para dar cuenta de la complejidad de los problemas de la cuenca**

Se identificó como brecha de coordinación la falta de instancias e instrumentos que permitan el trabajo conjunto de actores públicos y privados de la cuenca, aspecto que ha sido diagnosticado a distintas escalas y por distintos estudios a nivel nacional. Por un lado, existe una gran cantidad de servicios públicos con competencia en la gestión de los recursos hídricos, y por el otro, los propietarios de los derechos de aprovechamiento de agua cuentan con una relativa independencia en el uso del recurso.

En un contexto de abundancia relativa, estas falencias o brechas quedan cubiertas por la excedencia del recurso, pero ante el aumento en la demanda y la disminución de la oferta, quedan al descubierto la falta de mecanismos de coordinación, y sobre todo los vacíos de coordinación.

En lo principal, se aprecian debilidades en el marco institucional, incluyendo falta de coordinación interinstitucional y limitaciones para manejar el territorio y los ecosistemas acuáticos y terrestres; capacidades insuficientes en el local para la planificación de una adecuada gestión y gobernanza del desarrollo para las personas, ecosistemas y productivo, basado en una visión común del territorio; y falta de incentivos y mecanismos de financiamiento para asegurar la implementación de las medidas formuladas por los instrumentos de planificación estratégica.

**En particular, la cuenca costera analizada no corresponde, en sí, a una unidad operacional desde el punto de vista de las aguas, ya que los usos principales de**

---

---

**la cuenca están determinados por trasvases de agua desde el río Biobío a través de la PTAP La Mochita, y en menor medida desde el río Itata hacia la localidad de Florida. En este sentido, la cuenca costera debiera ser gestionada en conjunto con la cuenca del Río Biobío.**

Sin perjuicio de lo anterior, la cuenca requiere una gestión compleja para abordar la precariedad de las fuentes naturales de aguas superficiales y subterráneas. Se estima que las fuentes naturales que abastecen a localidades como tomé y Dichato, pudieran experimentar interrupciones temporales a futuro, por lo que se requiere complementar estos afluentes desde el Río Biobío.

Así mismo, el uso forestal predominante requiere de una coordinación o incorporación de objetivos de seguridad hídrica del territorio dentro de sus objetivos de manejo, con el propósito de contribuir a la sustentabilidad de la cuenca.

En consecuencia, la articulación de todos estos actores en pos de un objetivo común (y la propia definición de este objetivo) requiere de una instancia que coordine entre actores públicos y privados para la gobernanza de la cuenca, realice el seguimiento al cumplimiento de los indicadores y compromisos, y gestione el financiamiento y respaldo político para su implementación. No existe esta articulación en la cuenca.

### **5.3 Sustentabilidad de Acuíferos**

En general, los criterios de sustentabilidad de acuíferos definidos por la Dirección General de Aguas tienen como objetivo establecer caudales máximos de explotación posibles para cada sector acuífero, a partir de la evaluación de los descensos de nivel de estos, cambios en la interferencia río acuífero (relacionado a los recursos superficiales ya comprometidos), el grado de satisfacción de la demanda de agua subterránea y la existencia y cantidad de pozos secos. En esta línea, el uso de estos criterios está sujeto a la evaluación de recursos hídricos mediante modelos numéricos.

De esta manera, a juicio del consultor, para evaluar adecuadamente los criterios de sustentabilidad del acuífero se requiere un modelo que, apoyado en información hídrica observada en terreno de manera prolongada y sistemática, permita realizar simulaciones de la evolución temporal de los volúmenes de stock en el acuífero y también de los niveles de las aguas subterráneas a lo largo y ancho de la zona de estudio. Adicionalmente, se requiere de un modelo que simule de forma apropiada la dinámica de la interacción entre ríos y acuíferos. De esta forma, se requiere de un modelo integrado que simule aguas superficiales, aguas subterráneas y la interacción entre ellas, considerando para ello un modelo distribuido de aguas subterráneas, como podría ser MODFLOW, que de paso a la evaluación de los puntos antes mencionados.

De esta forma, dado que en el desarrollo del actual PEGH se ha construido un modelo hidrológico en WEAP orientado principalmente a la modelación de aguas superficiales, se propone la construcción a futuro de un modelo integrado WEAP-MODFLOW que entregará la capacidad de modelación de aquellos aspectos subterráneos mencionados (evolución del stock de agua en el acuífero, evolución de los niveles de aguas subterráneas en el espacio y evaluación de la interacción río-acuífero). Sin embargo, para la construcción acertada de este modelo integrado primero es necesario robustecer la cantidad de información hídrica disponible observada en la cuenca; en particular con pozos de observación, que no existen en la actualidad en la zona. Sin esta información hidrométrica no será posible darle un sentido de realidad al modelo integrado elaborado y no se podrá verificar si el modelo reproduce la realidad de la cuenca y su balance hídrico.

En síntesis, para la correcta evaluación de los criterios de sustentabilidad es necesaria la construcción de un modelo integrado de aguas superficiales y subterráneas, que considere un modelo hidrogeológico distribuido y para lo cual podría ser considerado un modelo acoplado WEAP-MODFLOW. Sin embargo, para la construcción de este modelo es necesario contar también con información hidrométrica en la cuenca, con estadísticas de estaciones fluviométricas en los cauces superficiales y pozos de observación de niveles estáticos. Esta estadística hidrométrica debe ser lo más sistemática y continua posible, y debe abarcar una extensión temporal mínima de 5 años (idealmente 10 años o más) con estaciones estratégicamente situadas en la cuenca. A esta información hidrométrica también se le podría sumar la estimación de constantes elásticas del acuífero obtenidas en pruebas de bombeo, que podrían dar un apoyo más firme para la caracterización del acuífero en la modelación numérica subterránea.

#### 5.4 Indicadores Hídricos de la Cuenca

Este capítulo se desarrollará en el informe final, sin embargo, se incluye para efectos de orden interno.

Los indicadores hídricos reflejan el estado actual de la cuenca según la línea base levantada tanto de información primaria como secundaria, y los resultados del modelo hidrológico. Los indicadores presentan de una forma específica y medible aquellos aspectos a seguir de para hacer seguimiento en la ejecución del plan y su comparación con otras cuencas limítrofes.

De esta forma se diferencian tres tipos de indicadores, de estado, impacto y de proceso.

- **Indicadores de Estado:** corresponden a variables hidrológicas e hidrogeológicas de la cuenca. El seguimiento del indicador no busca llegar a un meta objetivo si no reflejar un estado general de la cuenca.

- **Indicadores de Impacto:** corresponden a variables de estado de la cuenca de los ejes de seguridad hídrica, de la institucionalidad y gobernanza. Para estos indicadores se dispone de un estado de línea de base (actual) y un estado deseado al final del Plan Estratégico. Con el propósito de alinear los Planes Estratégicos con estándares internacionales, y reforzar el concepto de Gestión Sostenible de Recursos Hídricos, es que se incorporó como Indicadores de Impacto a los Indicadores asociados a las metas del ODS N°6, Agua Limpia y Saneamiento.
- **Indicadores de Proceso:** corresponden a variables que describen la ejecución de una acción o proceso, ya sea de ejecución única, eventual o permanente. En este caso, se aplican a la verificación de la implementación de las iniciativas del Plan Estratégico.

A continuación, se presentan los indicadores de estado y de impacto, y su determinación se presenta en el Anexo J5 Memoria de Cálculo de Indicadores. Los indicadores de proceso se presentan en el numeral 9.1.1, Plan de Monitoreo.

#### 5.4.1 Indicadores de Estado

En la Tabla 5-27 se presenta el indicador hídrico de estado, que en este caso corresponde al volumen de agua almacenado en los acuíferos.

**Tabla 5-27. Definición de Indicadores de Estado**

| Indicador                   | Unidad          | Definición                                                              | Metodología                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| IES 01 – Oferta Superficial | hm <sup>3</sup> | Caudal medio en la desembocadura de los cauces principales de la cuenca | Estimación mediante información de estaciones fluviométricas<br><br>Línea de base: promedio 1990 – 2014<br>Valor actual: promedio quinquenal (2014 - 2020)                                                                                                    |
| IES 02 – Oferta Subterránea | hm <sup>3</sup> | Recarga del total de los acuíferos de la cuenca                         | Estimación directa e indirecta. Estimación mediante balance de recarga y extracciones. Complemento con niveles de acuífero registrados en pozos de observación.<br><br>Línea de base: promedio 1990 – 2014<br>Valor actual: promedio quinquenal (2014 - 2020) |

Fuente: Elaboración propia

Se consideró un indicador para dar cuenta de los caudales pasantes, los que están sujetos tanto a las precipitaciones como al uso efectivo del agua en los cauces naturales. El segundo indicador (IES-2), describe el volumen embalsado en los acuíferos, y dependerá de la variabilidad de la recarga natural, así como del manejo que se realice del acuífero.

La línea de base y el valor actual se obtuvieron a partir de lo establecido en el numeral 4.2.2, Oferta en la Fuente, y se presenta en la Tabla 5-28 .

**Tabla 5-28. Indicadores de Estado**

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

Fuente: Elaboración propia

#### **5.4.2 Indicadores de Impacto**

Los indicadores de impacto propuestos para la cuenca se presentan en la Tabla 5-29.

**Tabla 5-29. Definición de indicadores de impacto**

| Eje Estratégico                               | Indicador                                                                                                          | Unidad               | Definición                                                                                                          | Metodología                                                                                                  | ODS               |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Seguridad Hídrica para las Personas</b>    | IPER01<br>Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados y sin riesgos | %                    | Personas que tiene acceso al agua potable con una dotación por encima de 100 l/día en relación a la población total | Consultas antecedentes CENSO 2017.                                                                           | ODS 6, Meta 6.1.1 |
|                                               | IPER 02<br>Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos                 | %                    | Personas que tienen acceso a la gestión de Aguas Servidas, urbanas o rurales en relación a la población total       | Consultas antecedentes CENSO 2017.                                                                           | ODS 6, Meta 6.2.1 |
|                                               | IPER 03<br>Brecha hídrica para consumo humano                                                                      | Hm <sup>3</sup> /año | Volumen de agua no provisto a las personas que se encuentran en condición de inseguridad hídrica.                   | Determinación del número de personas sin suministro, y estimación de un consumo mínimo de 100 litros al día. | --                |
| <b>Seguridad Hídrica para los Ecosistemas</b> | IECO 01<br>Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada (excluye emisarios submarinos)               | %                    | Volumen de aguas tratado en relación al volumen consumido total                                                     | Registros de consumo y tratamiento de aguas servidas proporcionado por empresas sanitarias                   | ODS 6, Meta 6.3.1 |
|                                               | IECO 02<br>Calidad de aguas superficiales                                                                          | Indicador de 0 - 1   | Calidad de Agua para fuentes superficiales                                                                          | Calidad de agua según metodología CEDEUS-UC                                                                  | ODS 6.3.2         |

| Eje Estratégico                                        | Indicador                                                | Unidad               | Definición                                                                                                                          | Metodología                                                                                                                                                  | ODS                       |
|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|                                                        | IECO 03<br>Estado de Ecosistemas Acuáticos               | Indicador de 0 -100  | Indicador de estado de ecosistemas según varios componentes.                                                                        | Metodología ad hoc para evaluación de calidad de aguas, variación del espejo de agua, presión del entorno, alteración del ecosistema y estado de protección. | Relacionado con ODS 6.6.1 |
|                                                        | IECO 04<br>Superficie de Bosque Nativo                   | %                    | Superficie de bosque nativo respecto a la superficie total de la cuenca                                                             | Catastro de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile                                                                                                     | ODS 15, Meta 15.1.1       |
|                                                        | IECO 05<br>Superficie de suelo no degradada en la Cuenca | %                    | Superficie con erosión moderada o inferior (ligera, otros usos, no aparente, sin erosión) respecto la superficie total de la cuenca | Cálculo a partir de Catastro de suelos degradados (CIREN) sobre el nivel de erosión (severa y muy severa).                                                   | ODS 15, Meta 15.3.1       |
|                                                        | IECO 06<br>Satisfacción de caudales ambientales          | hm <sup>3</sup> /año | Porcentaje de satisfacción de caudales ambientales en relación al período actual (2015-2020)                                        | Cálculo a partir de modelación hidrológica mediante WEAP                                                                                                     | --                        |
| <b>Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo</b> | IPRO 01<br>Nivel de Estrés Hídrico                       | %                    | Extracción de agua dulce en proporción a los recursos de agua dulce disponibles en la cuenca                                        | Demanda total bruta de agua menos oferta de fuentes externas, entre la oferta anual (media) disponible                                                       | ODS 6, Meta 6.4.2         |

| Eje Estratégico                                | Indicador                                              | Unidad               | Definición                                                                                                                                                                  | Metodología                                                                                                                                                                                                                               | ODS |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
|                                                | IPRO 02<br>Huella Hídrica Verde                        | %                    | Proporción de agua consumida por usos productivos in situ (agricultura de secano y plantaciones forestales) en relación a la oferta hídrica total superficial y subterránea | Los consumos de agua se estimaron a partir de la superficie de cada uso productivo y tasas estándar asociadas a la evapotranspiración. La oferta se determinó mediante estadísticas hidrológicas y análisis hidrogeológico de la recarga. | --  |
|                                                | IPRO 03<br>Reutilización de agua                       | hm <sup>3</sup> /año | Volumen de agua reutilizada dentro de la cuenca                                                                                                                             | Volumen de aguas servidas tratadas y reutilizadas                                                                                                                                                                                         | --  |
|                                                | IPRO 04<br>Brecha hídrica para Actividades Productivas | hm <sup>3</sup> /año | Volumen de agua no provisto para las actividades productivas de la cuenca                                                                                                   | Determinación del volumen de agua no provisto en relación a la explotación potencial                                                                                                                                                      | --  |
| <b>Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos</b> | IEXT 01<br>Índice de Adaptación al cambio climático    | Nº<br>(0 a 100)      | Indicador de exposición de los pequeños productores al cambio climático                                                                                                     | Corresponde a la Probabilidad de escasez hídrica y/o emergencia agrícola multiplicada por la proporción de los pequeños productores que no han sido beneficiados por programas de adaptación                                              | --- |

Fuente: Elaboración propia



Se evaluó cada uno de los indicadores precedentes, determinando el valor base, actual y la meta propuesta como propósito del Plan Estratégico. El detalle se presenta en la Tabla 5-30.

**Tabla 5-30. Indicadores de Impacto para la cuenca**

| Eje Estratégico                               | Indicador                                                                                                        | Unidad               | Valor Actual            | Meta                      | Plazo      |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|------------|
| <b>Seguridad Hídrica para las Personas</b>    | IPER01<br>Proporción de la población que utiliza servicios de suministro de agua potable gestionados sin riesgos | %                    | 97,0%                   | <b>100,0 %</b>            | 5 años     |
|                                               | IPER 02<br>Proporción de la población que utiliza servicios de saneamiento gestionados sin riesgos               | %                    | 88,4%                   | <b>97,0%</b>              | 30 años    |
|                                               | IPER 03<br>Brecha hídrica para consumo humano proyectada a 30 años                                               | hm <sup>3</sup> /año | 46,2<br>hm <sup>3</sup> | <b>0,0 hm<sup>3</sup></b> | 30 años    |
| <b>Seguridad Hídrica para los Ecosistemas</b> | IECO 01<br>Proporción de aguas residuales tratadas de manera adecuada                                            | %                    | 0,0%                    | <b>2,5%</b>               | 30 años    |
|                                               | IECO 02<br>Calidad de Aguas Superficiales                                                                        | %                    | 83,0%                   | <b>&gt;80,0%</b>          | 5 años     |
|                                               | IECO 03<br>Estado de Ecosistemas Acuáticos                                                                       | %                    | 62,5%                   | <b>&gt;80,0%</b>          | 5 años     |
|                                               | IECO 04<br>Superficie de Bosque nativo                                                                           | %                    | 13,9%                   | <b>&gt;14,8 %</b>         | 10 años    |
|                                               | IECO 05<br>Superficie de suelo sin degradación severa                                                            | %                    | 95,6%                   | <b>100,0%</b>             | 10 años    |
|                                               | IECO 06<br>Satisfacción de caudales ambientales                                                                  | %                    | 100,0%                  | <b>100,0 %</b>            | Permanente |



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

| Eje Estratégico                                    | Indicador                                                  | Unidad               | Valor Actual | Meta          | Plazo      |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|---------------|------------|
| Seguridad de agua para las actividades productivas | IPRO 01<br>Nivel de Estrés Hídrico                         | %                    | 2,0          | <b>2,0%</b>   | Permanente |
|                                                    | IPRO 02<br>Nivel de Estrés Hídrico (nominal)               | %                    | 126,6%       | <b>126,6%</b> | Permanente |
|                                                    | IPRO 03<br>Reutilización de agua                           | %                    | 0,0%         | <b>2,1%</b>   | 30 años    |
|                                                    | IPRO 04<br>Brecha hídrica para Actividades Productivas     | hm <sup>3</sup> /año | 0,0          | <b>0,0</b>    | Permanente |
| Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos            | IEXT 01<br>Índice de riesgo potencial a la escasez hídrica | Índice<br>(0 a 100)  | 14           | <b>10</b>     | 5 años     |

Fuente: Elaboración propia

## 5.5 Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad corresponde a la modelación de escenarios de gestión dentro de la cuenca. Estos escenarios permiten proyectar, a través del modelo hidrológico y análisis complementarios en otras plataformas, situaciones futuras que resulten del cambio climático y de distintas estrategias de gestión. De esta forma, se da sustento a la definición de las estrategias del Plan.

En este caso, se definieron tres escenarios de gestión para la cuenca, los que se describen a continuación.

**Tabla 5-31. Escenarios de gestión seleccionados**

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

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.1 Escenarios de gestión

En las cuencas costeras entre ríos Itata y Biobío se han definido tres escenarios de gestión, con el objetivo de reflejar la respuesta del sistema ante distintos escenarios de escasez hídrica. La propuesta de los escenarios visualiza las evaluaciones realizadas a lo largo del estudio junto a los distintos actores de la cuenca. Estos escenarios no limitan el considerar

medidas transitorias que den respuesta a distintas soluciones dentro del Plan. Como parte de la evaluación de eficiencia (costo/beneficio) de las distintas alternativas incluidas en el Plan Estratégico, se implementa como instrumento la calculadora hídrica. De esta manera, cada escenario de gestión es vinculado a una brecha

#### 5.5.1.1 Escenario 0: Tendencial

El escenario base o tendencial se construye con un paso de tiempo mensual y considera un periodo histórico comprendido entre abril de 1985 y marzo de 2019, y un periodo proyectado comprendido entre abril de 2019 y marzo de 2060.

Este escenario corresponde al escenario base sobre el cual se construyen los futuros escenarios. Para el periodo histórico las forzantes meteorológicas (precipitación y temperatura) utilizadas son obtenidas del producto CR2MET v2.0, mientras que las forzantes para el periodo proyectado son obtenidas de la Actualización del Balance Hídrico Nacional en las Cuencas de la Macrozona Sur y Parte Norte de la Macrozona Austral (DGA, 2019), específicamente del modelo global de clima MIROC-ESM. Para más información como se construye este escenario ver anexo H, específicamente el punto 5.1.2 y el Anexo H.

#### 5.5.1.2 Escenario 1: Aumento Poblacional

Con el objetivo de evaluar la suficiencia y las brechas de las actuales fuentes de agua potable urbana, se plantea un escenario con un crecimiento poblacional de un 3%, mayor al tendencial estimado por el INE (Instituto Nacional de Estadísticas), de esta forma la demanda de agua de uso potable se intensifica proporcional a la población. Se busca especialmente evaluar la suficiencia de sistemas costeros como Tomé-Coliumo, Dichato y Pingueral.

Para la modelación de este escenario en WEAP, se modifica la demanda anual ("Annual Activity Level") del periodo futuro para los Sitios de Demanda correspondientes a las localidades **de Concepción, Talcahuano, Penco, Tomé, Florida, Dichato y Rafael**, por la población simulada con una tasa de crecimiento del 3% anual. Este cambio se produce desde el año 2018 en adelante, para los años anteriores se utiliza la población del escenario base.

En la Tabla 5-32 se muestra la tasa de crecimiento y la población proyectada al 2060 para el escenario tendencial y exponencial en las 7 localidades consideradas.

**Tabla 5-32. Comparación de la población adoptada en el escenario tendencial y escenario exponencial**

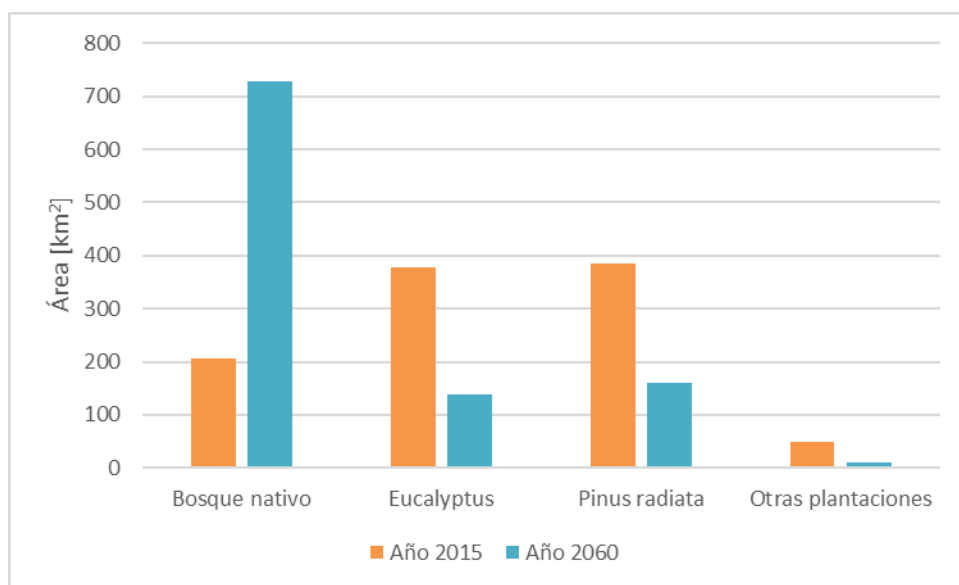
| Localidad    | Tasa de crecimiento poblacional | Población Base Plan de Desarrollo | Población proyectada por escenario tendencial | Población proyectada por escenario exponencial |
|--------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|
|              |                                 | 2017                              | 2060                                          | 2060                                           |
| Dichato      | 3%                              | 4.486                             | 7.347                                         | 15.455                                         |
| Tome         | 3%                              | 43.212                            | 66.286                                        | 151.045                                        |
| Penco        | 3%                              | 46.718                            | 71.664                                        | 162.161                                        |
| Concepción   | 3%                              | 217.537                           | 333.697                                       | 989.078                                        |
| Talcahuano   | 3%                              | 147.831                           | 226.769                                       | 979.378                                        |
| Rafael       | 3%                              | 1.305                             | 2.002                                         | 3.582                                          |
| Florida      | 3%                              | 4.525                             | 6.941                                         | 11.924                                         |
| <b>Total</b> |                                 | <b>465.614</b>                    | <b>714.707</b>                                | <b>2.312.623</b>                               |

### 5.5.1.3 Escenario 2: Cambios de Uso del Suelo

Un tema conflictivo en la zona de estudio es la gran presencia de plantaciones forestales, las que al año 2015 según la CONAF cubrían un 56% del área de la cuenca. Por esta razón, uno de los escenarios a evaluar es la producción de agua para el caso que se reduzca la cobertura de plantaciones forestales al 20% de la superficie de la cuenca.

Para la modelación de este escenario en WEAP, se reduce progresivamente entre los años 2020 y 2060 el área de los usos de suelo correspondientes a: *Eucalyptus globulus*, *Pinus Radita* y Plantación otras especies y se reemplaza por Bosque Nativo, logrando que al término del periodo proyectado el área total de plantaciones sea de un 20%, cabe recalcar que las áreas de los otros usos de suelo se mantienen igual a las del escenario base. Las áreas del año 2020 son extraídas desde el Catastro de Usos de Suelo de la CONAF del año 2015, en el Gráfico 5-3 se muestran las variaciones de las áreas de bosque nativo y las distintas plantaciones forestales entre el año 2015 y 2060 para este escenario.

**Gráfico 5-3. Variación de usos de suelos de plantaciones y bosque nativo considerados en la modelación entre el año 2015 y 2060.**



Fuente: Elaboración propia

#### 5.5.1.4 Escenario 3: Trasvase mediante Acueducto Litoral Biobío Norte

Este escenario de gestión considera un acueducto que una la planta La Mochita con las localidades del litoral al norte del Biobío que presentan demanda insatisfecha histórica o futura, según el escenario base. En la actualidad la Planta La Mochita abastece a dos localidades dentro de la cuenca, Concepción y Talcahuano, las cuales no presentan brecha.

Para modelar este escenario en WEAP, se une a través de un *Transmission Link* el elemento RIO\_BIOBIO (representando La Mochita) con los *Sitios de demanda* de Tomé, Dichato, Penco y SSR\_Coliumo y se mantienen las poblaciones tendenciales y el caudal máximo extraíble de La Mochita que hay en el escenario base.

### 5.5.1.5 Análisis de los resultados de escenarios de gestión

Los resultados de **oferta superficial** indican que la esorrentía aumenta en el E1 respecto al E0, en el periodo 2051-2060, debido al cambio de uso de suelo. En el resto de los escenarios la esorrentía es similar al E0 en dicho periodo. La información se presenta en la Tabla 5-33, Tabla 5-34, Tabla 5-35, y Tabla 5-36.

**Tabla 5-33. Oferta superficial de subcuencas DARH. E0 -Escenario base, hm<sup>3</sup>/año**

| Sector                                | Oferta<br>histórica<br>1990-<br>2014<br>hm <sup>3</sup> /año | Oferta<br>Actual<br>2015-<br>2020<br>hm <sup>3</sup> /año | Oferta<br>2051-<br>2060<br>hm <sup>3</sup> /año | % de reducción en<br>relación a oferta<br>actual |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| DARH río Andalién                     | 348,47                                                       | 285,12                                                    | 278,16                                          | -2,44                                            |
| DARH Costeras entre Itata y Pingueral | 151,16                                                       | 119,41                                                    | 121,28                                          | 1,56                                             |
| DARH entre río Pingueral y Andalién   | 107,05                                                       | 84,98                                                     | 86,60                                           | 1,90                                             |
| DARH entre río Andalién y Biobío      | 38,12                                                        | 31,41                                                     | 29,11                                           | -7,33                                            |
| DARH Isla Quiriquina                  | 1,84                                                         | 1,49                                                      | 1,18                                            | -20,78                                           |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

**Tabla 5-34. Oferta superficial de subcuencas DARH. E1 - Escenario de cambios de usos de suelo, hm<sup>3</sup>/año**

| Sector                                | Oferta<br>histórica<br>1990-<br>2014<br>hm <sup>3</sup> /año | Oferta<br>Actual<br>2015-<br>2020<br>hm <sup>3</sup> /año | Oferta<br>2051-<br>2060<br>hm <sup>3</sup> /año | % de reducción en<br>relación a oferta<br>actual |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| DARH río Andalién                     | 348,47                                                       | 285,14                                                    | 284,55                                          | -0,21                                            |
| DARH Costeras entre Itata y Pingueral | 151,16                                                       | 119,41                                                    | 121,19                                          | 1,49                                             |
| DARH entre río Pingueral y Andalién   | 141,28                                                       | 111,82                                                    | 113,34                                          | 1,36                                             |
| DARH entre río Andalién y Biobío      | 38,31                                                        | 31,03                                                     | 28,80                                           | -7,19                                            |
| DARH Isla Quiriquina                  | 1,84                                                         | 1,49                                                      | 1,26                                            | -15,15                                           |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

**Tabla 5-35. Oferta superficial de subcuencas DARH. E2- Escenario de aumento poblacional, hm<sup>3</sup>/año**

| Sector                                | Oferta<br>histórica<br>1990-<br>2014<br>hm <sup>3</sup> /año | Oferta<br>Actual<br>2015-<br>2020<br>hm <sup>3</sup> /año | Oferta<br>2051-<br>2060<br>hm <sup>3</sup> /año | % de reducción en<br>relación a oferta<br>actual |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| DARH río Andalién                     | 348,47                                                       | 285,11                                                    | 274,97                                          | -3,56                                            |
| DARH Costeras entre Itata y Pingueral | 151,16                                                       | 119,41                                                    | 121,21                                          | 1,51                                             |
| DARH entre río Pingueral y Andalién   | 141,28                                                       | 111,70                                                    | 108,23                                          | -3,10                                            |
| DARH entre río Andalién y Biobío      | 38,12                                                        | 31,41                                                     | 29,11                                           | -7,33                                            |
| DARH Isla Quiriquina                  | 1,84                                                         | 1,49                                                      | 1,19                                            | -20,19                                           |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

**Tabla 5-36. Oferta superficial de subcuencas DARH. E3- Escenario acueducto litoral norte, hm<sup>3</sup>/año**

| Sector                                | Oferta<br>histórica<br>1990-<br>2014<br>hm <sup>3</sup> /año | Oferta<br>Actual<br>2015-<br>2020<br>hm <sup>3</sup> /año | Oferta<br>2051-<br>2060<br>hm <sup>3</sup> /año | % de reducción en<br>relación a oferta<br>actual |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| DARH río Andalién                     | 348,47                                                       | 285,12                                                    | 278,16                                          | -2,44                                            |
| DARH Costeras entre Itata y Pingueral | 151,16                                                       | 119,41                                                    | 121,32                                          | 1,59                                             |
| DARH entre río Pingueral y Andalién   | 107,05                                                       | 84,98                                                     | 91,35                                           | 7,49                                             |
| DARH entre río Andalién y Biobío      | 38,12                                                        | 31,41                                                     | 29,11                                           | -7,33                                            |
| DARH Isla Quiriquina                  | 1,84                                                         | 1,49                                                      | 1,19                                            | -20,19                                           |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

La **recarga** mejora en el escenario E1 "cambios de usos de suelo", aumentando el valor en 175,35 hm<sup>3</sup>/año en el SHAC río Andalién. En resto de escenario no presentan variación significativa.



**Tabla 5-37. Recarga de SHAC. Escenario base, hm<sup>3</sup>/año**

| Sector             | Recarga<br>histórica<br>1990-2014<br>hm <sup>3</sup> /año | Recarga Actual<br>2015-2020<br>hm <sup>3</sup> /año | Recarga<br>2051-2060<br>hm <sup>3</sup> /año | % de reducción en<br>relación a recarga<br>actual |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| SHAC río Andalién  | 223,63                                                    | 175,20                                              | 170,77                                       | -2,53                                             |
| SHAC río Pingueral | 133,11                                                    | 106,55                                              | 108,83                                       | 2,14                                              |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

**Tabla 5-38. Recarga de SHAC. Escenario de cambios de usos de suelo, hm<sup>3</sup>/año**

| Sector             | Recarga<br>histórica<br>1990-2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Recarga Actual<br>2015-2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Recarga<br>2051-2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | % de reducción en<br>relación a recarga<br>actual |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| SHAC río Andalién  | 223,63                                                      | 175,21                                                | 175,35                                         | 0,08                                              |
| SHAC río Pingueral | 133,11                                                      | 106,55                                                | 108,75                                         | 2,06                                              |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

**Tabla 5-39. Recarga de SHAC. Escenario de aumento poblacional, hm<sup>3</sup>/año**

| Sector             | Recarga<br>histórica<br>1990-2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Recarga Actual<br>2015-2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Recarga<br>2051-2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | % de reducción en<br>relación a recarga<br>actual |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| SHAC río Andalién  | 223,63                                                      | 175,20                                                | 170,77                                         | -2,53                                             |
| SHAC río Pingueral | 133,11                                                      | 106,54                                                | 108,92                                         | 2,23                                              |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

**Tabla 5-40. Recarga de SHAC. Escenario acueducto litoral norte**

| Sector             | Recarga<br>histórica<br>1990-2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Recarga Actual<br>2015-2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Recarga<br>2051-2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | % de reducción en<br>relación a recarga<br>actual |
|--------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| SHAC río Andalién  | 223,63                                                      | 175,20                                                | 170,77                                         | -2,53                                             |
| SHAC río Pingueral | 133,11                                                      | 106,57                                                | 108,83                                         | 2,13                                              |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

Respecto a la seguridad hídrica para el consumo humano, el E2 presenta un aumento poblacional que permite conocer la brecha dentro de un supuesto de crecimiento igual al 3% anual. El escenario presenta una situación diferente respecto al escenario E0, llegando a una brecha de 86,76 hm<sup>3</sup>/año (Tabla 5-43) en comparación 2,38 hm<sup>3</sup>/año para el escenario E0 en el periodo 2051-2060 (Tabla 5-41).

Por otra parte, el E3 "Acueducto litoral norte", con el objetivo de reducir la brecha del E0, cumple dicho objetivo llegando a una brecha de 0,54 hm<sup>3</sup>/año (Tabla 5-44)

**Tabla 5-41. Brecha media anual de demandas APU. Escenario base**

| Sector       | Brecha Histórica<br>1990-2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Brecha Actual<br>2015-2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Brecha<br>Proyectada<br>2051-2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | % de aumento<br>en relación a<br>brecha actual |
|--------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Concepción   | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,00                                                        | 0                                              |
| Dichato      | 0,09                                                    | 0,16                                                 | 0,37                                                        | 135                                            |
| Florida      | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,02                                                        | >                                              |
| Penco        | 0,15                                                    | 0,61                                                 | 1,78                                                        | 192                                            |
| Rafael       | 0,02                                                    | 0,02                                                 | 0,00                                                        | -100                                           |
| Talcahuano   | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,00                                                        | 0                                              |
| Tomé         | 0,55                                                    | 0,00                                                 | 0,21                                                        | >                                              |
| <b>Total</b> | <b>0,81</b>                                             | <b>0,79</b>                                          | <b>2,38</b>                                                 | <b>201</b>                                     |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

**Tabla 5-42. Brecha media anual de demandas APU. Escenario cambio uso de suelo**

| Sector       | Brecha Histórica<br>1990-2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Brecha Actual<br>2015-2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Brecha<br>Proyectada<br>2051-2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | % de aumento<br>en relación a<br>brecha actual |
|--------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Concepción   | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,00                                                        | 0                                              |
| Dichato      | 0,09                                                    | 0,16                                                 | 0,37                                                        | 135                                            |
| Florida      | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,02                                                        | >                                              |
| Penco        | 0,15                                                    | 0,61                                                 | 1,79                                                        | 193                                            |
| Rafael       | 0,02                                                    | 0,02                                                 | 0,00                                                        | -100                                           |
| Talcahuano   | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,00                                                        | 0                                              |
| Tomé         | 0,55                                                    | 0,00                                                 | 0,21                                                        | >                                              |
| <b>Total</b> | <b>0,81</b>                                             | <b>0,79</b>                                          | <b>2,39</b>                                                 | <b>203</b>                                     |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

**Tabla 5-43. Brecha media anual de demandas APU. Escenario aumento poblacional**

| Sector       | Brecha Histórica<br>1990-2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Brecha Actual<br>2015-2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Brecha<br>Proyectada<br>2051-2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | % de aumento<br>en relación a<br>brecha actual |
|--------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Concepción   | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 45,82                                                       | >                                              |
| Dichato      | 0,09                                                    | 0,15                                                 | 0,86                                                        | 458                                            |
| Florida      | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,28                                                        | >                                              |
| Penco        | 0,15                                                    | 0,61                                                 | 1,78                                                        | 193                                            |
| Rafael       | 0,02                                                    | 0,02                                                 | 0,00                                                        | -100                                           |
| Talcahuano   | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 35,20                                                       | >                                              |
| Tomé         | 0,55                                                    | 0,00                                                 | 2,84                                                        | >                                              |
| <b>Total</b> | <b>0,81</b>                                             | <b>0,78</b>                                          | <b>86,78</b>                                                | <b>110.256</b>                                 |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

**Tabla 5-44. Brecha media anual de demandas APU. Escenario considerando acueducto litoral norte**

| Sector       | Brecha Histórica<br>1990-2014<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Brecha Actual<br>2015-2020<br>(hm <sup>3</sup> /año) | Brecha<br>Proyectada<br>2051-2060<br>(hm <sup>3</sup> /año) | % de aumento<br>en relación a<br>brecha actual |
|--------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Concepción   | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,30                                                        | 100                                            |
| Dichato      | 0,09                                                    | 0,15                                                 | 0,01                                                        | -95                                            |
| Florida      | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,02                                                        | >                                              |
| Penco        | 0,15                                                    | 0,61                                                 | 0,05                                                        | -92                                            |
| Rafael       | 0,02                                                    | 0,02                                                 | 0,00                                                        | -100                                           |
| Talcahuano   | 0,00                                                    | 0,00                                                 | 0,16                                                        | 100                                            |
| Tomé         | 0,55                                                    | 0,00                                                 | 0,00                                                        | -100                                           |
| <b>Total</b> | <b>0,81</b>                                             | <b>0,78</b>                                          | <b>0,54</b>                                                 | <b>-69</b>                                     |

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

#### 5.5.1.6 Conclusiones de los resultados de escenarios de gestión

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

**Tabla 5-45. Conclusiones de los resultados de escenarios de gestión**

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

Fuente: Elaboración propia en base a resultado del modelo WEAP

#### 5.5.2 Evaluación socioeconómica

La evaluación socioeconómica corresponde a la revisión de los escenarios de gestión analizados, desde el punto de vista de la viabilidad financiera y el impacto social que éstas tienen.

En lo principal, las iniciativas se evalúan en función del costo de inversión, que es la parte que financia el Estado en forma total o parcial. Este costo de inversión, que se determina en función de los “precios sociales” debe asegurar un retorno expresado en el beneficio directo que produce a las personas, con tal de que la iniciativa sea socialmente rentable, y sea aprobada en el análisis sectorial que realiza el Ministerio de Desarrollo Social y Familia.

Dentro del Sistema Nacional de Inversiones (SNI), el sector recursos hídricos<sup>29</sup> considera toda aquella inversión tendiente a mejorar la cobertura o calidad de agua potable, la evacuación y disposición de aguas servidas; la evacuación y drenaje de aguas lluvias; las

<sup>29</sup> <http://sni.gob.cl/sector/11>

iniciativas para dotar de riego determinadas áreas, las defensas Fluviales y los cauces artificiales. Si bien no todas las iniciativas propuestas en el contexto del presente Plan corresponden a esta definición (no están consideradas las inversiones en ecosistemas acuáticos y terrestres, la gestión institucional o la gobernanza), sí se da cuenta de buena parte de las soluciones basadas en la infraestructura (infraestructura gris).

#### 5.5.2.1 Evaluación socioeconómica

Se realizó una revisión de los principales componentes evaluados dentro de los escenarios de gestión, y en general dentro del presente Plan Estratégico.

En este caso, el único componente considerado como una inversión dentro del sector recursos hídricos es el acueducto costero propuesto entre Lirquén y Dichato.

Para determinar el costo aproximado de la medida, se realizó una serie de supuestos:

1. Que no es necesario ampliar la PTAP de La Mochita, ya que tiene una capacidad de producción de agua de hasta 2.500 l/s, lo que representa 78,8 hm<sup>3</sup>/año.
2. En la actualidad se cuenta con un acueducto que conecta a la PTAP La Mochita con la localidad de Lirquén y la localidad de Penco
3. La distancia en ruta entre Lirquén y Dichato es de 23,2 km. Dado que la conducción no podrá seguir la ruta todo el tiempo, se redondeó a 30,0 km.
4. Si bien ambos puntos de origen y llegada se encuentran a nivel del mar, se asumió la necesidad de instalar 10 plantas impulsoras o elevadoras de agua potable (PEAP)
5. Se incorporó un 20% de imprevistos
6. Se estimó un 15% de costos de ingeniería y permiso ambientales
7. Los valores referenciales de cada partida fueron proporcionados por ESSBIO en comunicación personal.

A partir de estos supuestos, se estimó el costo referencial del sistema de interconexión costera.

**Tabla 5-46. Construcción de interconexión costera entre Lirquén y Dichato**

| Partida                          | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|----------------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Conducción                       | km     | 30       | 600                                | 18.000                          |
| Planta Elevadora de Aguas (PEAP) | planta | 10       | 500                                | 5.000                           |
| Adicionales imprevistos          | %      | 25%      | 23.000                             | 5.750                           |
| <b>Sub Total</b>                 |        |          |                                    | 28.750                          |
| Ingeniería y permisos            | %      | 15%      | 28.750                             | 4.313                           |
| <b>Costo Total</b>               |        |          |                                    | <b>33.063</b>                   |

Fuente: Elaboración propia

---

El costo total alcanza, aproximadamente, a \$33.063 millones de pesos, o aproximadamente 34 millones de dólares.

Se realizó un análisis financiero simple, con los siguientes parámetros:

- Período de evaluación, 30 años
- Tasa de interés, 10%
- Costo financiero, se consideró nulo para este análisis
- Costo de inversión, \$33.063 millones de pesos que se cargan en el primer año
- Costo de operación del trasvase, \$400 pesos por  $m^3$  de agua transportado, invariable en el tiempo
- Precio del agua invariable en el tiempo
- El volumen de agua a vender corresponde a la brecha que existe en las localidades abastecidas, la que llega a  $1,57 \text{ hm}^3$  al año 30. Se supuso que la demanda aumentaba en forma equivalente año a año, desde 0 en el año 1, hasta  $1,57$  en el año 30.

En una primera consulta, se fijó la tasa de interés se determinó el precio teórico al cual debe venderse el agua dentro de la concesión, el que resultó ser de \$7.603 pesos/ $m^3$ . En este caso, el factor que incide en mayor medida es el costo de inversión (CAPEX), ya que incluso, si el costo de operación fuese igual a \$0/ $m^3$ , el precio por  $m^3$  de agua sería de \$7.203/ $m^3$ . Es decir, el costo del agua siempre será \$7.203/ $m^3$  más el costo de impulsión. No se consideró en el análisis el costo de tratamiento, por lo que el precio determinado corresponde a un valor adicional a la tarifa actual.

Dado que el precio del agua así determinado excede en varias veces al valor de pago domiciliario, es que se debe prorratar la inversión dentro del total del volumen consumido, que supera los  $80 \text{ hm}^3$  a los 30 años. Con este ejercicio, el precio por  $m^3$  desciende a \$56 pesos/ $m^3$  más costo de impulsión.

#### **5.5.2.2 Requisitos de implementación**

Como se señaló, uno de los aspectos clave para la implementación de las medidas propuestas dentro del presente Plan Estratégico pasa por la rentabilidad social de las mismas. Dentro de las medidas evaluadas a nivel de escenarios de gestión, la interconexión entre Lirquén y Dichato corresponde a una inversión privada, que en caso de materializarse sería desarrollada bajo el contexto de concesiones sanitarias que operan bajo la Superintendencia de Servicios Sanitarios. Existe la alternativa de que la inversión se materialice con fondos públicos, bajo la estatal Empresa Concesionara de Servicios

Sanitarios, ECONSSA. Sin embargo, dado que la obra corresponde al natural desarrollo del territorio operacional de la empresa sanitaria, ESSBIO, se considera que la segunda alternativa es poco probable.

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

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

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

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

## 5.6 Mercado del agua

Los derechos de aprovechamiento de aguas en Chile tienen la característica que otorgan a su titular un derecho sobre estos, debido a lo cual se deben cumplir con normativas legales sobre inscripción conservatoria. De acuerdo con Artículo 112 del Código de Aguas se obliga a los Conservador de Bienes Raíces (CBR) del país, y existiendo derechos de aprovechamiento en su jurisdicción, a inscribir los Derechos de Aprovechamiento de Aguas en lo que se denomina los registros de propiedad de aguas, donde se anotan todos los derechos de aprovechamiento de aguas otorgados o que han sufrido algún tipo de



mutación. Esta acción la debe realizar el usuario y es obligatorio para que la persona tenga todas las atribuciones del dominio sobre los derechos. Así, los CBR deben informar a la Dirección General de Aguas de todas las inscripciones que se realizan en el registro de propiedad de aguas de su jurisdicción.

En base a lo indicado en el párrafo anterior, y para analizar el comportamiento del mercado del agua en la cuenca de estudio, se obtienen los antecedentes respecto a Inscripciones de Derechos de Aprovechamiento de Aguas en Conservadores de Bienes Raíces<sup>30</sup>. Esta base de datos corresponde a planilla Excel que contiene información de todos los CBR del país que hayan enviados sus antecedentes de transacciones a la DGA. El listado de antecedentes obtenidos son los que se presentan en la Tabla 5-47.

**Tabla 5-47. Antecedentes de los DAA disponible por DGA derivadas de los CBR**

| REGIÓN                        |
|-------------------------------|
| LUGAR CBR                     |
| REGISTRO AÑO CBR ACTUAL       |
| NUMERO CBR ACTUAL             |
| FOJAS CBR ACTUAL              |
| TIPO DE TRANSACCIÓN           |
| FECHA INSCRIPCIÓN EN EL CBR   |
| RUT VENDEDOR                  |
| NOMBRE VENDEDOR               |
| REGISTRO AÑO ANTERIOR         |
| NÚMERO CBR ANTERIOR           |
| FOJAR CBR ANTERIOR            |
| NATURALEZA                    |
| CAUDAL PROMEDIO               |
| UNIDAD CAUDAL                 |
| TIPO DE DERECHO               |
| EJERCICIO DEL DERECHO         |
| FUENTE                        |
| VALOR TOTAL DE LA TRANSACCIÓN |
| UNIDAD MONEDA                 |
| OBSERVACIONES                 |

Fuente: Elaboración propia, en base a información DGA

<sup>30</sup> Revisado en <https://snia.mop.gob.cl/ciudadaniacbr/>

De esto se reconoce que la base de datos permite conocer el número de transacciones que se realizan durante un periodo determinado, aunque son antecedentes que dependen de cada CBR y de la calidad la sistematización que éstos hacen de la misma.

En la cuenca en estudio tienen jurisprudencia las siguientes oficinas CBR:

- Chiguayante
- Coelemu (Región de Ñuble)
- Concepción
- Florida
- Penco
- Talcahuano
- Tomé

Se menciona que la base de datos utilizada contiene antecedentes que dependen exclusivamente de los envíos de cada oficina CBR a DGA.

Así, considerando la base de información antes señalada, se tomaron los antecedentes para la Región de Biobío y Región de Ñuble, los cuales fueron filtrados primero por antecedentes para las oficinas CBR correspondientes. Además, en lo que respecta a “Tipo de Transacción” se consideró sólo aquellas definidas como “Compraventa”, entendiendo que se busca obtener información respecto a Mercado del Agua.

De la información resultante, de acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, se obtuvieron antecedentes incompletos ya sea para las columnas de “Valor Total de la Transacción” y “Unidad Moneda”, no siendo consideradas en el análisis aquellas transacciones en las cuales se carecía de datos.

Con los datos resultantes, se realizó análisis desde los registros inscritos entre los años 2015 a 2020, con un total de 28 títulos de propiedad inscritos para el periodo señalado. De este total 4 son DAA subterráneos, 23 de aguas superficiales y 1 DAA para el cual no se indica la naturaleza. En este análisis se dejan fuera aquellas transacciones que no contienen el antecedente sobre la naturaleza del recurso.

Respecto a la “Unidad de Moneda” se representan mayormente en Pesos, aunque también existe una transacción realizada en UF. En los análisis propuestos se llevan todos los valores a Pesos Chilenos con valor de 01 de abril de 2022<sup>31</sup>.

En la Tabla 5-48 se entrega resultado de la sistematización indicada en los párrafos anteriores. Se visualiza que para las aguas superficiales son los litros por segundo la unidad

---

<sup>31</sup> Valor UF: 31.730,80 pesos

de caudal preferencial, mientras que para los DAA subterráneos es la misma unidad la mayoritaria en los registros CBR.

**Tabla 5-48. Transacciones compraventa DAA comunas del estudio**

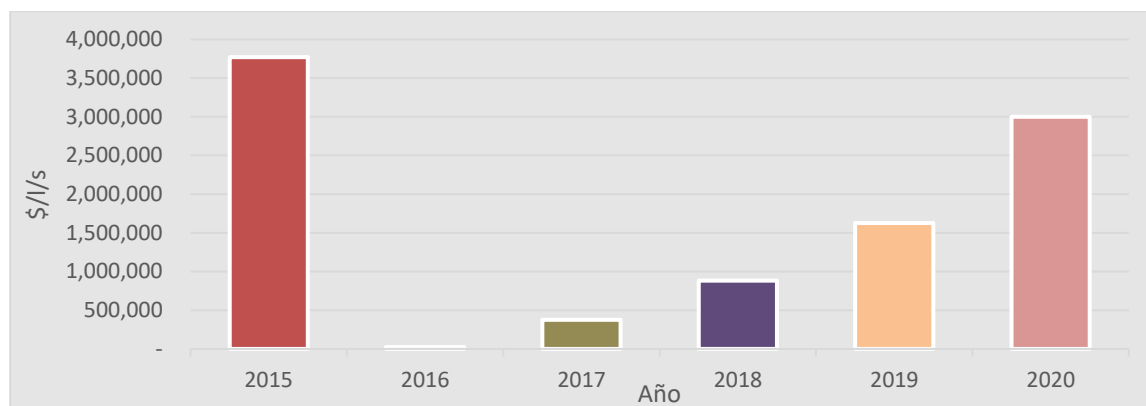
| Naturaleza  | Unidad de Caudal   | Nº DAA | Caudal promedio | Valor Total de la Transacción Promedio | Total (\$) Transado | Valor Transacción por Unidad de Caudal |
|-------------|--------------------|--------|-----------------|----------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|
| Superficial | Porcentaje         | 1      | 0,42            | No indicada                            | -                   | -                                      |
|             | Litros por segundo | 22     | 34,26           | 79.138.889                             | 2.711.298.333       | 2.309.950                              |
| Subterráneo | Litros por segundo | 4      | 0,23            | 11.981.972                             | 2.755.853           | 52.095.528                             |

Fuente: Elaboración propia, en base a información DGA

Respecto a los valores por cada unidad de caudal, destaca los valores que se alcanzan por litros por segundo en aguas superficiales (CLP \$79.138.889.-), mientras que en aguas subterráneas con \$11.981.972.- de pesos por litro por segundo. Se debe precisar que para el caso de las aguas superficiales la planilla detalla que en algunas transacciones (compraventa) fueron consideradas otros derechos, lo cual podría indicar una sobreestimación del precio de venta presentado.

Seguido de lo anterior, se analiza cómo ha sido la evolución de los valores promedio para las unidades de caudales más frecuentes en entre los datos revisados. En el Gráfico 5-4 se comparan los precios promedio de aguas superficiales para los años entre 2015 a 2020 (Pesos por litros por segundo).

**Gráfico 5-4. Valor (\$/l/s) aguas superficiales en comunas del estudio**

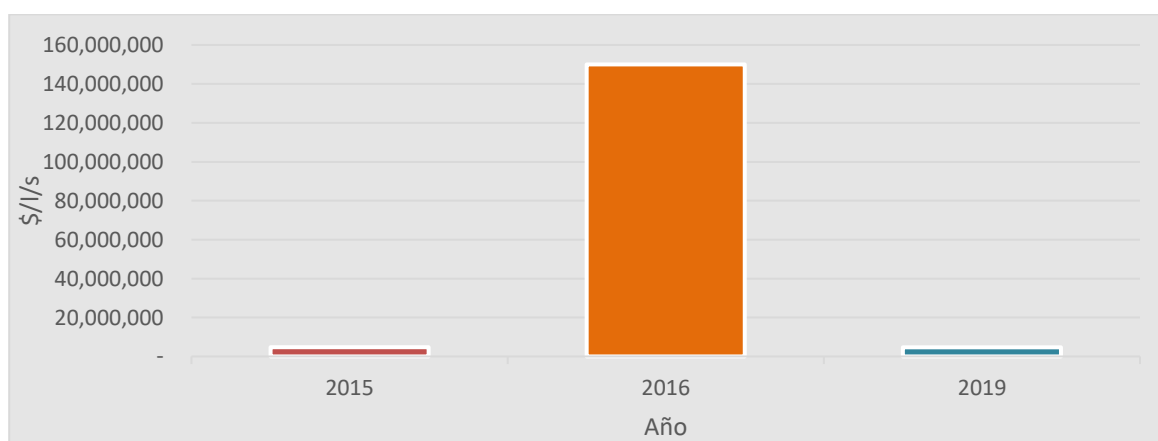


Fuente: Elaboración propia, en base a información DGA

Los menores valores (2016) corresponden al CBR de Talcahuano, obtenidos de dos derechos de aprovechamiento vendidos por la Empresa de Servicios Sanitarios Aguas Concepción S.A. a Mario Felipe Rojas Sepúlveda.

Para transacciones de aguas subterráneas se analizó en base a los DAA categorizados en litros por segundo. El Gráfico 5-5 entrega como se han comportado los predios (\$/l/s) para los años entre 2015 a 2020.

**Gráfico 5-5. Valor (\$/l/s) aguas subterráneas en comunas del estudio**



Fuente: Elaboración propia, en base a información DGA

Del gráfico anterior se visualiza como no existen transacciones registradas en los años 2017, 2018 y 2020, lo que de alguna manera comienza a dar cuenta del escaso dinamismo que tiene el mercado del agua en esta cuenca. Cuando se quiere hacer una revisión de las transacciones por cada una de las oficinas de Conservador existente en la zona de estudio, se obtiene lo que refleja la Tabla 5-49.

**Tabla 5-49. Derechos de agua transados por CBR**

| CBR         | Naturaleza  | N° DAA Transados<br>(2015 a 2020) | Total | Total (%) |
|-------------|-------------|-----------------------------------|-------|-----------|
| Chiguayante | Superficial | 1                                 | 1     | 4%        |
|             | Subterránea | -                                 |       |           |
|             | No indica   | -                                 |       |           |
| Coelemu     | Superficial | 4                                 | 7     | 26%       |
|             | Subterránea | 3                                 |       |           |
|             | No indica   | -                                 |       |           |
| Concepción  | Superficial | 12                                | 12    | 44%       |
|             | Subterránea | -                                 |       |           |
|             | No indica   | -                                 |       |           |
| Florida     | Superficial | -                                 | 1     | 4%        |
|             | Subterránea | 1                                 |       |           |
|             | No indica   | -                                 |       |           |
| Penco       | Superficial | 3                                 | 3     | 11%       |
|             | Subterránea | -                                 |       |           |
|             | No indica   | -                                 |       |           |
| Talcahuano  | Superficial | 2                                 | 2     | 7%        |
|             | Subterránea | -                                 |       |           |
|             | No indica   | -                                 |       |           |
| Tomé        | Superficial | 1                                 | 1     | 4%        |
|             | Subterránea | -                                 |       |           |
|             | No indica   | -                                 |       |           |

Fuente: Elaboración propia, en base a información DGA

De acuerdo con la información presentada la dinámica de un eventualmente llamado Mercado del Agua, para la cuenca de estudio, es limitado. De todas formas, destaca que es la oficina CBR de Concepción la que presenta un mayor número de transacciones o inscripciones de compraventa, para el periodo estudiado, destacando además que predominan los DAA de aguas superficiales. En el resto de las oficinas las transferencias son menor en importancia total, siendo más frecuentes los DAA superficiales.

De los datos antes expuestos, de su cantidad y calidad disponibles, se puede determinar que estudiar el mercado de agua a escala nacional no resulta del todo simple, aunque para algunos territorios del país se podría visualizar como dinámico y/o efectivo. Esto explicado

---

en que la información de base para estos análisis no siempre es completa y depende de cada oficina CBR y el envío de datos sobre transferencias o modificaciones hacia DGA.

Sobre el dinamismo del mercado como tal, y sin tener antecedentes precisos respecto al uso de cada derecho de aprovechamiento, se puede inducir que en la mayoría de las cuencas del país la oferta es limitada respecto de derechos de aprovechamiento de aguas disponibles para ser transferidos. Se agrega que son tres o cuatro sectores por cuenca los que demandan el total del agua, agregando a esto que cada sector tiene una fuerte concentración de usuarios o empresas (agrícola, minería, hidroeléctrica, sanitaria, industria). De esto es la agricultura la que ha desarrollado un más alto nivel de gestión en los territorios, aunque existe una baja dinámica en el número de transacciones.

Así, al querer establecer que factores inciden en el comportamiento de Mercado de DAA, se podría mencionar el uso del recurso, donde la agricultura destaca por sobre los otros usos, asociado también en que este uso presenta una importante participación de usuarios individuales (personas naturales). Se suma a lo anterior en que la cantidad de volumen transado no es directamente proporcional a si el caudal de derechos es menor o mayor, donde cada CBR funciona de manera independiente y por tanto cada realidad territorial así también lo hace.

Se agrega que el mercado se hace más dinámico en territorios con mayor infraestructura de riego, donde la cuenca en estudio sin ser de preferencia un territorio donde destaque la agricultura y sin grandes obras de riego, se visualiza como un territorio de escaso o nulo mercado del agua.

A escala general del país otro elemento que podría incidir es la definición de zona de restricción y prohibición de derechos de aprovechamiento, donde se determina que existen mayor cantidad de derechos de aprovechamiento que se transan en el mercado, derivado esto de la imposibilidad de la adquisición de nuevos derechos o en su defecto de DAA que al otorgarse lo harán de manera provisional.

También, y de acuerdo con la información revisada, se plantea que el sistema registral nacional tiene amplias posibilidades de mejora, las cuales podrían estar condicionadas a cambios de forma en los protocolos actuales y/o directamente a realizar ajustes el cómo se realiza el flujo de información y antecedentes entre los diferentes actores.

---

## 6 ACCIONES

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

### 6.1 Seguridad Hídrica para las Personas

#### 6.1.1 Proyecto de Conexión hídrica entre Quillón y Florida

El proyecto de Conexión hídrica entre Quillón y Florida permitirá abastecer de agua potable a Quillón y a Florida, a través de una tubería de 24 km, una planta de producción de agua potable, plantas elevadoras y una captación de agua, con una inversión que supera los \$7 mil millones, obra que entrará en operación durante el segundo semestre de 2022. El proyecto inició su construcción en 2021, y ya concretó varias obras en la comuna de Florida, además de la tubería que une ambas comunas, y en 2022 desarrollará principalmente trabajos en Quillón, consistentes en una captación en el Río Itata, una nueva planta de producción de agua potable y una planta elevadora.

### 6.2 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas

#### 6.2.1 GEF Humedales Costeros: sistema Rocuant-Andalién

El proyecto GEF Humedales Costeros se encuentra trabajando en distintos humedales costeros de Chile, y particularmente en el sector del sistema Rocuant-Andalién. El trabajo en el sitio piloto está fundamentalmente orientado al desarrollo de programas integrales, coordinados y participativos, que establezcan medidas concretas de restauración, monitoreo, planificación territorial y manejo sustentable. Además, se trabaja en la aplicación de buenas prácticas y criterios ambientales en distintos sectores productivos, junto con el fortalecimiento de los medios de vida de las comunidades asociadas al humedal, mediante el apoyo al desarrollo de actividades productivas innovadoras y sustentables. Principales acciones desarrolladas a la fecha:

#### Educación y difusión

- a) Programa educativo sobre humedales para niños y niñas de establecimientos de las comunas de Hualpén, Penco y Talcahuano (trabajo colaborativo con PAC-HRA)
- b) Apoyo en el Programa educativo para adultos "Conociendo y valorando los humedales" a cargo de Audubon
- c) Salidas educativas, charlas, jornadas de limpiezas de playa y avistamiento de aves con la comunidad
- d) Campaña de difusión Conociendo al Pilpilén común

---

## Capacitación

- a) Capacitaciones sobre ecología y biodiversidad en humedales costeros y avifauna en humedal Rocuant-Andalién
- b) Curso de SIG y Teledetección para la delimitación de humedales orientado a municipios de la región del Biobío
- c) Seminario de fiscalización sobre actividades que afectan a humedales
- d) Capacitación a Capitanías de Puerto de la región del Biobío para el fortalecimiento en fiscalización de playas, humedales y dunas.

## Fortalecimiento de marcos regulatorios

- a) Delimitación del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo e identificación de áreas prioritarias a restaurar
- b) Propuesta de mejoras al diseño, implementación y difusión de la Ruta Patrimonial Humedales Urbanos del Biobío
- c) Inicio elaboración del Plan de Gestión Territorial Integrado

### 6.2.2 Paisaje de Conservación de Nonguén

El Territorio Nonguén comprende los cerros aledaños al Parque Nacional Nonguén, agrupándose no sólo por sus componentes vegetacionales, sino que también mediante sus municipios, abarcando a las Municipalidades de Concepción, Chiguayante y Hualqui, que en su conjunto forman la Asociación de Municipalidades del Territorio Nonguén, trabajando aunados con el objetivo de conservar, regenerar y preservar la biodiversidad del Territorio, promoviendo el reconocimiento de los ecosistemas y las vidas de los seres que en él habitan.

El Paisaje de Conservación es una figura de protección de la naturaleza cuyo objetivo es promover la conservación y uso sustentable de la biodiversidad más allá de las áreas que ya están protegidas. Es una figura reconocida en varios instrumentos legales y normativos existentes como el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático y la Estrategia Nacional de Biodiversidad, cuyo enfoque permite visualizar el territorio como un ecosistema integrado, identificando los beneficios de las iniciativas de conservación para el territorio en su conjunto y las generaciones futuras. Esta iniciativa surge desde el trabajo de años sostenido de la hoy Asociación de Municipalidades Parque Nacional Nonguén junto a diversos actores de la sociedad civil, ante la necesidad urgente de proteger del último relicto de importancia de bosque caducifolio de Concepción que queda en la tierra. El Parque Nacional Nonguén es el único Parque en Chile ubicado en un área metropolitana. Ocupa un extenso territorio, que abarca superficie de tres comunas: Concepción, por el norte, Hualqui por el sur y Chiguayante por el oeste. La biodiversidad del territorio Nonguén se caracteriza por la abundancia de especies nativas de gran valor ecológico: Roble, Queule, Ranita de



Darwin, Zorro, Chucao, Güiña, entre otras. Nace en el Parque Nacional Nonguén el estero Nonguén, fuente productora de agua que desemboca en el río Andalién.

Durante el desarrollo del Plan Estratégico se facilitó un acercamiento con la sanitaria ESSBIO y con el municipio de Hualpén.

### 6.2.3 Iniciativas privadas de empresas forestales

La empresa Arauco actualmente cuenta con Áreas de Alto Valor de Conservación (AAVC) y Paisajes Productivos Protegidos (PPP)<sup>32</sup>. Según define la empresa, un Área de Alto Valor de Conservación es aquella que presenta uno o más atributos de interés particular, como un valor biológico, ecológico, social o cultural, excepcionalmente significativo o de importancia crítica en el contexto ambiental y/o social.

Respecto de los Paisajes Productivos Protegidos, se entienden como espacios del territorio que incluyen tantas áreas que están destinadas a la producción, pero que también incluyen aquellas que están destinadas a ser protegidas por distintos motivos. Son el hábitat de especies que pueden estar en peligro como también se deben proteger la provisión de alimentos y agua, bajo la premisa de que un paisaje no es solamente aquel donde la empresa tiene sus plantaciones o bosques nativos, sino también “se trata de un territorio mucho más amplio”, extendiendo el alcance a el paisaje o conjunto de ecosistemas donde se encuentran inserto el patrimonio de la empresa.

Con esta mirada de paisaje lo que se busca es integrar no solamente el patrimonio propio sino también aquellos elementos que puedan estar dando un servicio de manera de poder cuidarlo y protegerlo. Dentro de la cuenca se identificaron tres AAVC de Forestal Arauco:

- **Queules de Tomé y Penco**, para la protección de queule (*Gomortega keule*) y Pitao (*Pitavia punctata*): son 74,4 ha de bosque en las comunas de Tomé y Penco, que están expuestas al Riesgo de incendios forestales, Extracción de madera de queule y pitao, Extracción de frutos y madera por terceros, Tránsito de personas en el área, Baja o nula germinación en el área, Operaciones forestales (camino, cosecha) y Regeneración de especies invasoras. Cuentan con un Plan de Conservación.
- **Las Vegas 1** (2,0 ha, en la Comuna de Tomé): el valor a proteger es la calidad y cantidad de agua destinada a abastecer a una familia del sector del predio Las Vegas 1.
- **San Luis 2** (4,5 ha en la comuna de Florida): el valor a proteger es la calidad y cantidad de agua destinada a abastecer a la comunidad de San Luis 2, compuesta por tres familias (14 personas) aproximadamente.

---

<sup>32</sup> Revisado en <https://www.arauco.cl/chile/biodiversidad/areas-alto-valor/>

## 6.3 Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo

### 6.3.1 Ley de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje

En este apartado se entrega las inversiones históricas (2010/21) para los componentes de tecnificación y obras civiles de la Ley 18.450 de Fomento al riego y drenaje en la cuenca (Tabla 6-1).

**Tabla 6-1. Subsidios otorgados por la Ley. 18450 de fomento al riego en la cuenca, periodo 2010/21**

| Año                     | Pequeña Agricultura |                             |              | Otros segmentos |                             |            |
|-------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------|-----------------|-----------------------------|------------|
|                         | N                   | Superficie tecnificada (ha) | Monto (UF)   | N               | Superficie tecnificada (ha) | Monto (UF) |
| 2010                    | -                   | -                           | -            | -               | -                           | -          |
| 2011                    | -                   | -                           | -            | 1               | 7,9                         | 137,1      |
| 2012                    | -                   | -                           | -            | -               | -                           | -          |
| 2013                    | -                   | -                           | -            | -               | -                           | -          |
| 2014                    | -                   | -                           | -            | -               | -                           | -          |
| 2015                    | 6                   | 1,3                         | 1.969,6      | -               | -                           | -          |
| 2016                    | -                   | -                           | -            | -               | -                           | -          |
| 2017                    | 2                   | 0,6                         | 728,3        | 1               | 14,2                        | 507,1      |
| 2018                    | 1                   | 0,3                         | 404,8        | -               | -                           | -          |
| 2019                    | 3                   | 0,8                         | 840,4        | 1               | 8,2                         | 399,5      |
| 2020                    | 1                   | 0,2                         | 408,6        | -               | -                           | -          |
| 2021                    | 5                   | 1,8                         | 1.720,1      | 1               | 0,1                         | 202,9      |
| Promedio últimos 5 años | <b>2</b>            | <b>0,8</b>                  | <b>820,4</b> | -               | -                           | -          |

Fuente: Base de datos histórica de subsidios de riego Ley 18.450.

Con ello se puede tener una panorámica de la inversión en riego en el área de estudio. La inversión está agregada a nivel de comunas, y para las comunas que son parte del plan. En este contexto, para el componente obras civiles, no se encontraron proyectos financiados por CNR. En cuanto al componente intrapredial, sólo 4 comunas presentaron proyectos beneficiados (Tomé, Ránquil, Coelemu, Florida), especialmente para la pequeña agricultura en los últimos años (programa para proyectos menores a 400 UF), donde en promedio se ha beneficiado a 2 agricultores.



---

### 6.3.2 INDAP: Proyectos de riego individual y asociativos

INDAP, dentro de la oferta de programas de fomento para la pequeña agricultura, cuenta con un Programa de riego, el cual contiene una serie de incentivos orientados al mejor uso de los recursos hídricos. Específicamente el programa de riego está compuesto por Riego Individual (PRI); Riego Asociativo (PRA); Estudios de Riego y Drenaje; Obras Menores de Riego (PROM) y el Bono Legal de Aguas (BLA). En la Tabla 6-2 se presenta un estimado del apoyo de INDAP para los diferentes componentes del programa de riego en la cuenca<sup>33</sup>. En general, lo que se observa es una baja y declinante inversión en riego en la cuenca. Esto es más evidente para el programa de riego asociativo (PRA), e individual (PRI), mientras que el programa bono legal de aguas presenta una tendencia al alza en los últimos 3 años. Esto es un signo de la importancia de la legalización y formalización de los derechos de aguas, lo que constituye un primer paso para poder acceder a otros instrumentos de apoyo de riego por parte de los agricultores.

---

<sup>33</sup> Se aplicó un factor de estimación de acuerdo al área de la cuenca con respecto al área total de la región, resultante en un 6% del total regional.

**Tabla 6-2. Resultados de los componentes del programa de riego en la cuenca (Millones de \$)**

| Año                        | BLA                  |                            | PRA                  |                            | PRI                  |                            | Total                |                            |
|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|----------------------------|
|                            | Beneficiarios<br>(n) | Monto<br>invertido<br>(\$) | Beneficiarios<br>(n) | Monto<br>invertido<br>(\$) | Beneficiarios<br>(n) | Monto<br>invertido<br>(\$) | Beneficiarios<br>(n) | Monto<br>invertido<br>(\$) |
| 2010                       | 23                   | 7,9                        | 15                   | 46,8                       | 10                   | 15,3                       | 48                   | 70,1                       |
| 2011                       | 18                   | 4,2                        | 30                   | 32,2                       | 22                   | 42,1                       | 69                   | 78,5                       |
| 2012                       | 14                   | 4,6                        | 21                   | 36,4                       | 19                   | 59,0                       | 54                   | 100,0                      |
| 2013                       | 3                    | 1,1                        | 16                   | 33,7                       | 15                   | 58,1                       | 35                   | 92,9                       |
| 2014                       | 4                    | 1,1                        | 15                   | 41,5                       | 13                   | 50,4                       | 33                   | 93,0                       |
| 2015                       | 1                    | 0,7                        | 23                   | 30,0                       | 15                   | 64,8                       | 39                   | 95,4                       |
| 2016                       | 1                    | 0,7                        | 15                   | 35,3                       | 10                   | 48,1                       | 27                   | 84,1                       |
| 2017                       | 2                    | 0,3                        | 15                   | 20,8                       | 12                   | 56,6                       | 29                   | 77,8                       |
| 2018                       |                      |                            | 3                    | 10,2                       | 14                   | 59,8                       | 17                   | 70,0                       |
| 2019                       | 10                   | 6,3                        | 1                    | 8,8                        | 7                    | 21,8                       | 18                   | 36,9                       |
| 2020                       | 9                    | 4,5                        | 1                    | 1,9                        | 0                    | 0,5                        | 9                    | 6,9                        |
| 2021                       | 13                   | 5,6                        | 0                    | 5,3                        | 1                    | 2,3                        | 13                   | 13,2                       |
| Promedio<br>últimos 5 años | 8                    | 4,2                        | 4                    | 9,4                        | 7                    | 28,2                       | 19                   | 41,8                       |

Fuente: Base de datos histórica programa riego de INDAP.

---

## 6.4 Seguridad Hídrica ante eventos extremos

### 6.4.1 Financiamiento especial en caso de escasez hídrica

Chile, dado sus características climáticas, está frecuentemente expuesto a sequías (Aldunce & Gonzalez, 2009; Fernández & Gironás, 2021). Sin embargo, la zona centro del país, donde existe una concentración de la población como las actividades productivas (intensivas en uso de recursos hídricos) ha sufrido la más extensa sequía registrada.

El manejo de las sequías en el país tiene 2 vías, una específica para el sector agropecuario y la otra que corresponde a una multisectorial. Con respecto al sector agropecuario, existen dos instrumentos en función de la población objetivo involucrada.

Si el déficit de precipitaciones o hidrológico afecta sólo a beneficiarios de INDAP, dicha institución, mediante la Resolución N° 1.049 de 2010, activa un plan operativo para el otorgamiento de incentivos de emergencia. Por otro lado, si el déficit afecta también a medianos y/o grandes productores, el manejo se hace mediante la declaratoria de Emergencia Agrícola, instrumento manejado por el Ministerio de Agricultura por medio de la Resolución N° 309 de 2021 (MINAGRI, 2021). Ambas son regulaciones tanto para enfrentar sequías meteorológicas como hidrológicas, activándose sólo una vez que el fenómeno está activo, siendo una reacción a la presencia o afectación de dicho fenómeno. En general las acciones del gobierno (a través del Ministerio de Agricultura o INDAP) gatilladas por la declaración de emergencia agrícola corresponden a apoyos en dinero efectivo (bonos) o para la compra de insumos de producción y apoyos a inversiones mayoritariamente en riego.

El segundo instrumento estatal establecido para dar respuestas a sequías son los decretos de declaración de severa sequía, por medio de la Resolución Exenta DGA N° 1.331 de 2022<sup>34</sup>, la cual señala y describe los criterios para calificar una zona geográfica bajo severa sequía, así como las acciones disponibles de ejecutar por parte de la DGA para hacer frente a dichas situaciones. Las facultades de la DGA, señaladas en el artículo 314 del Código de Aguas, hacen referencia a la potestad de la DGA para exigir, a la o las juntas de vigilancia respectivas la presentación de un acuerdo de redistribución, dentro del plazo de quince días corridos contado desde la declaratoria de escasez, con el objeto de reducir al mínimo los daños generales derivados de la sequía, especialmente para garantizar el consumo humano, saneamiento o el uso doméstico de subsistencia. Adicionalmente, la DGA también tiene potestades para autorizar extracciones de aguas superficiales o subterráneas

---

34 Dicha resolución dejó sin efecto la resolución exenta DGA 1.674 de 2012 que establecía los criterios para calificar épocas de extraordinaria sequía. Ver Resolución 1.331 y el Artículo 314 del Código de Aguas en relación a los mecanismos de calificación de severa sequía y las acciones posibles de llevar a cabo por parte de la DGA.

destinadas con preferencia a los usos de consumo humano, saneamiento o al uso doméstico de subsistencia y la ejecución de las obras en los cauces necesarias para ello desde cualquier punto sin necesidad de constituir derechos de aprovechamiento de aguas,

Como se señaló previamente, ambos instrumentos corresponden a mecanismos de respuesta frente a situaciones de sequía, donde el estado, una vez declarada una situación específica (emergencia agrícola por déficit hídrico o escasez hídrica) aplica o ejecuta ciertos instrumentos y normativas para aminorar los efectos de esta, siendo políticas reactivas de tratamiento del fenómeno.

**Tabla 6-3. Financiamiento emergencia agrícola por INDAP**

| Comuna  | 2019          |                  | 2021          |                    |
|---------|---------------|------------------|---------------|--------------------|
|         | Beneficiarios | Apoyo INDAP (\$) | Beneficiarios | Apoyo INDAP (\$)   |
| Coelemu | --            | --               | 33            | \$4.999.500        |
| Ránquil | 4             | \$404.953        | 24            | \$3.588.750        |
| Total   | <b>4</b>      | <b>\$404.953</b> | <b>57</b>     | <b>\$8.588.250</b> |

Fuente: INDAP, 2022 (Solicitud de Transparencia)

#### 6.4.2 Plan Maestro de Aguas Lluvia de la ciudad de Concepción

La Dirección de Obras Hidráulicas elaboró el Plan Maestro de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias de la ciudad de Concepción, en la VIII Región del Biobío, debiendo dicho Plan constituir un instrumento de planificación del Sistema de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias en esta ciudad. Los objetivos específicos del Plan Maestro son los siguientes:

- Proveer las soluciones al problema de evacuación y drenaje de aguas lluvias en el área de estudio, para un horizonte de planificación al año 2025.
- Identificar, caracterizar y priorizar un conjunto de proyectos que permita proponer un cronograma de inversiones para implementar el Plan Maestro.
- Definir la Red Primaria del Sistema de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, según lo requerido por la Ley N° 19.525.

Este Plan reconoce a los siguientes cursos de agua: río Biobío, río Andalién, estero Nonguén, estero Palomares y estero Las Ulloas. Complementariamente se identificó a las lagunas de Lo Méndez, Lo Galindo, Lo Custodio, Tres Pascuales y Laguna Redonda.

---

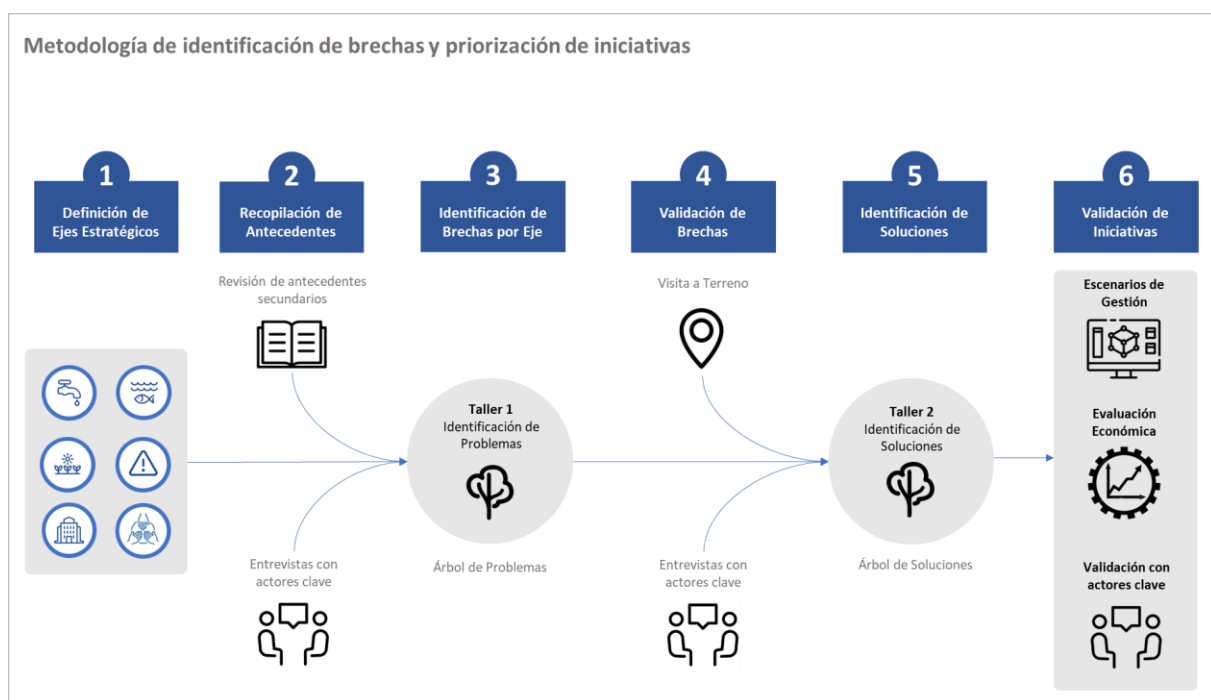
## 7 INICIATIVAS PROPUESTAS

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

La priorización de alternativas se realizó de la siguiente forma:

- **Ejes de Seguridad Hídrica (personas, ecosistemas, desarrollo productivo y eventos extremos):** En particular, las iniciativas de provisión de agua para consumo humano resultaron de un análisis económico y análisis mediante escenarios de gestión. El resto de las iniciativas se priorizaron a partir de un análisis cualitativo, que resultó de la metodología de árbol de problemas y árbol de soluciones. De esta forma, las alternativas resultaron de un proceso comprensivo y de consenso realizado en las actividades de Participación Ciudadana.
- **Ejes de Gestión Institucional y Gobernanza:** se priorizaron las alternativas a partir de un análisis cualitativo, que resultó de la metodología de árbol de problemas y árbol de soluciones. De esta forma, las alternativas resultaron de un proceso comprensivo y de consenso realizado con la Dirección General de Aguas regional.

En la Ilustración 7-1 se presenta la metodología de identificación de brechas y priorización de iniciativas. Un aspecto relevante del enfoque de trabajo adoptado es que se definieron ejes estratégicos, dentro de los cuales se identificó los problemas relevantes, sus causas y consecuencias (metodología de árbol de problemas), los cuales fueron convertidos en brechas. Posteriormente se evaluó las soluciones posibles para estas brechas, y dependiendo de la naturaleza de la brecha en sí, se evaluó las mejores alternativas ya sea mediante modelación, mediante análisis económico, o bien mediante consulta a actores locales y actores clave.



Fuente: Elaboración propia a partir de talleres PAC

### **Ilustración 7-1. Metodología de identificación de brechas y priorización de iniciativas**

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



---

## 7.1 Síntesis de alternativas priorizadas

A continuación, se presenta la síntesis de alternativas priorizadas por eje estratégico, a partir de las brechas identificadas previamente en el numeral 5.2 del presente informe. En cada una de ellas se describe el proceso de análisis y las acciones de validación realizadas con los actores de la cuenca.

En complemento, para el resto de los Ejes de trabajo, las iniciativas propuestas fueron costeadas ya sea a partir de evaluación de precios unitarios según valores de referencia, o bien a partir de presupuestos de estudios, programas o proyectos similares realizados dentro de la cuenca, en la región o sectores con características similares. En cada iniciativa se presenta el detalle de los valores de referencia empleados.

- Anexo J.1 Listado de Iniciativas
- Anexo J.2 Fichas de Iniciativas
- Anexo J.3 Memoria de Cálculo de Iniciativas

En el desarrollo de las iniciativas, se usa como sinónimo acciones o medidas. Etapas o Tareas se utiliza generalmente como una parte de la iniciativa a desarrollar.

Los plazos de desarrollo son Corto plazo (de 1 a 5 años); Mediano Plazo (de 6 a 10 años); y Largo Plazo (de 11 a 30 años).

Se distingue además entre el organismo formulador de la medida, y el financiero, así como el tipo de financiamiento: público de carácter sectorial o regional, privado, o público privado. Más definiciones se entregan en el Anexo J2.

### 7.1.1 Seguridad Hídrica para las Personas

La seguridad hídrica para las personas consiste en la provisión de agua para consumo humano y saneamiento, en cantidad, calidad y en la oportunidad requerida para un desarrollo adecuado a nivel individual y colectivo, ya sea en condiciones urbanas o rurales. En complemento, y siguiendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible, se agrega el acceso al saneamiento (Tabla 7-1).

**Tabla 7-1. Iniciativas de Seguridad Hídrica para las personas**

| Iniciativa                                                                                     | Brecha                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PER 1 – Seguridad Hídrica para la Red Pública Urbana</b>                                    |                                                                                                                            |
| PER 1.1 – Interconexión costera entre Lirquén y Dichato                                        | BPER 1 Déficit de abastecimiento de agua en zonas urbanas<br><br>BPER 2 Déficit de abastecimiento de agua en zonas rurales |
| <b>PER 2 – Seguridad Hídrica para la Red Pública Rural</b>                                     |                                                                                                                            |
| PER 2.1 - Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores              | BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales                                             |
| PER 2.2 - Profesionalización de los SSR                                                        | BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales                                             |
| PER 2.3 - Apoyo para la elaboración del Planes de Inversión y de Mantención Preventiva         | BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales                                             |
| PER 2.4 - Sistema de información para los Servicios Sanitarios Rurales                         | BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales                                             |
| PER 2.5 - Instalación de Telemetría en los Servicios Sanitarios Rurales                        | BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales                                             |
| PER 2.6 - Aumento en la cobertura de agua potable en sectores rurales por arranques pendientes | BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales                                             |
| PER 2.7 - Aumento en la cobertura de saneamiento rural                                         | BPER 4 Déficit de saneamiento en sectores urbanos y rurales                                                                |
| <b>PER 3 – Seguridad Hídrica para viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua</b>    |                                                                                                                            |
| PER 3.1 – Plan para viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua                      | BPER 3 Población en riesgo de abastecimiento de agua potable                                                               |

Fuente: Elaboración propia

---

### **7.1.1.1 PER 1 - Seguridad hídrica para la Red Pública Urbana**

#### **7.1.1.1.1 PER 1.1 – Interconexión costera entre Lirquén y Dichato**

Esta iniciativa responde a la brecha BPER 1 Aumento de la demanda de agua en zonas urbanas y BPER 2, aumento de demanda de agua en zonas rurales.

La medida se justifica, por un lado, en el aumento sostenido de la demanda de agua en las localidades dentro de la cuenca, como en la disminución del porcentaje de satisfacción de las captaciones superficiales de cada localidad. De esta forma, localidades como Penco o Dichato pudieran pasar hasta 5 meses por debajo del requerimiento de agua.

Indirectamente la medida se relaciona con PER 2.6, ya que al igual que las localidades principales, es posible que otros SSR se conecten a la red de distribución.

#### Objetivo y Origen

El propósito de esta iniciativa es proporcionar una fuente segura de agua para consumo humano, extendiendo el trasvase que se realiza desde el río Biobío desde la captación en el sector de La Mochita.

El origen de la iniciativa corresponde a las alternativas discutidas dentro del proceso de participación ciudadana del Plan estratégico.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Se propone la construcción de un acueducto que prolongue la conexión ya existente entre la PTAP La Mochita y la localidad de Lirquén, y que la extienda hasta la localidad de Dichato, que se encuentra a 23,2 km en ruta desde la primera.

Para la determinación de la conveniencia de este proyecto se deben completar las siguientes etapas:

1. Estudio de prefactibilidad
2. Estudios de ingeniería básica y de detalle
3. Evaluación del impacto en las tarifas
4. Construcción

Adicionalmente, y si bien no se considera dentro la evaluación económica, se propone el impulso de campañas de uso consciente del agua, con el propósito de disminuir consumo promedio y consumos máximos que colapsan la infraestructura de conducción.

## Costo

Para la determinación del costo, se realizó una serie de supuestos:

1. Que no es necesario ampliar la PTAP de La Mochita, ya que tiene una capacidad de producción de agua de hasta 2.500 l/s, lo que representa 78,8 hm<sup>3</sup>/año.
2. En la actualidad se cuenta con un acueducto que conecta a la PTAP La Mochita con la localidad de Lirquén y la localidad de Penco
3. La distancia en ruta entre Lirquén y Dichato es de 23,2 km. Dado que la conducción no podrá seguir la ruta todo el tiempo, se redondeó a 30,0 km.
4. Si bien ambos puntos de origen y llegada se encuentran a nivel del mar, se asumió la necesidad de instalar 10 plantas impulsoras o elevadoras de agua potable (PEAP)
5. Se incorporó un 20% de imprevistos
6. Se estimó un 15% de costos de ingeniería y permiso ambientales
7. Los valores referenciales de cada partida fueron proporcionados por ESSBIO en comunicación personal.

A partir de estos supuestos, se estimó el costo referencial del sistema de interconexión costera.

**Tabla 7-2. Construcción de interconexión costera entre Lirquén y Dichato**

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

Fuente: Elaboración propia

El costo total referencial de la iniciativa equivale a 957.780 UF.

## Ubicación

La ubicación corresponde al borde costero entre las localidades de Lirquén y Dichato.

## Plazos de implementación

La iniciativa se implementa en el largo plazo (entre 10 y 30 años).



---

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es la empresa de Servicios Sanitarios responsable de la concesión.

#### Beneficiarios

Los beneficiarios directos son los usuarios de los sistemas de agua potable urbana y rural de Penco, tomé, Dichato y Copiulemu, que son las localidades potencialmente más afectadas a futuro.

#### Seguimiento y control

El seguimiento corresponde a la verificación del cumplimiento de cada una de las etapas del proceso de ingeniería.

### **7.1.1.2 PER 2: Seguridad hídrica para la Red Pública Rural**

Esta Línea de Acción tiene el propósito de dotar de capacidades de administración y gestión a los responsables de la operación de los SSR de la cuenca.

#### **7.1.1.2.1 PER 2.1 - Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores**

Esta iniciativa responde a la brecha BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales, y se relaciona con las iniciativas PER 2.2 - Profesionalización de los SSR y con PER 2.3, Apoyo para la elaboración de Planes de Inversión y de Mantenimiento Preventiva. La justificación de la medida está en los problemas operacionales identificados en los SSR catastrados, que en general cuentan con una gran cantidad de arranques pendientes. Esto resulta en problemas de gestión, capacidad de formular propuestas, y sobre todo de mantener la operación del servicio ante demandas crecientes.

#### Objetivo y Origen

El propósito de esta iniciativa es contar con una masa crítica de directores, administradores, profesionales y técnicos cuya capacidad pueda ser comprobada ante la autoridad, para lo cual se propone un programa de formación permanente orientado a cada uno de estos cargos dentro de los APR.

El origen de la iniciativa corresponde a las alternativas discutidas dentro del proceso de participación ciudadana del Plan estratégico.

---

### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida consiste en la capacitación y acreditación anual de directores, administradores y operadores de SSR, con tal de contar con una masa crítica de personas habilitadas para la administración de estos servicios. En la Tabla 7-3 se presenta una breve referencia de los contenidos que se pudieran abordar en estos cursos, los que sin duda deben ser complementados al momento de ser diseñados. La duración debiera ser de aproximadamente 20 horas pedagógicas cada uno.

**Tabla 7-3. Contenidos de referencia para la acreditación de directores, administradores y técnicos**

| Curso           | Legales                                                                                                         | Administrativos                                                                                                                                                        | Operacionales                                                                                                                                     |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Directores      | Legislación sanitaria (Ley 20.998)<br>Código de Aguas<br>Servidumbres, comodatos y otros                        | Gestión de personas<br>Prevención de Riesgos<br>Rol del director<br>Rendición de cuentas<br>Auditoría de cuentas<br>Control de pagos y morosidad<br>Cálculo de tarifas | Calidad de aguas y su monitoreo<br>Nociones generales de infraestructura hidráulica y obras sanitarias                                            |
| Administradores | Legislación sanitaria (Ley 20.998)<br>Código de Aguas<br>Legislación laboral<br>Servidumbres, comodatos y otros | Gestión de personas<br>Prevención de Riesgos<br>Rol del Gerente<br>Rendición de cuentas<br>Auditoría de cuentas<br>Control de pagos y morosidad<br>Cálculo de tarifas  | Calidad de aguas y su monitoreo<br>Elementos de infraestructura hidráulica y obras sanitarias<br>Operación y mantención de redes de saneamiento   |
| Técnicos        | Legislación laboral                                                                                             | Prevención de Riesgos<br>Registros                                                                                                                                     | Calidad de aguas y su monitoreo<br>Instalación de infraestructura hidráulica y obras sanitarias<br>Operación y mantención de redes de saneamiento |

Fuente: Elaboración propia

Este programa debiera ser dictado por una entidad técnica autorizada, que pueda emitir las certificaciones correspondientes. Se espera acreditar a lo menos tres categorías de usuarios: directores/as, administradores/as, y operadores/as de SSR, y la acreditación

debe ser provista en conjunto por la entidad capacitadora y la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas.

#### Costo

Cada curso se estimó en una duración de 30 horas pedagógicas, a un costo total de \$200 mil pesos por hora (que incluye costos de preparación de la clase, materiales y operacionales, provisión de local o plataforma de videoconferencia, entre otros) (Tabla 7-4).

**Tabla 7-4. Partidas para la Capacitación y Acreditación de los SSR**

| Curso                 | Nº de personas por curso | Cantidad de cursos al año | Costo anual por curso (Millones de \$) |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------------|
| Directores            | 5                        | 1                         | 6                                      |
| Administradores       | 5                        | 1                         | 6                                      |
| Técnicos y operadores | 5                        | 1                         | 6                                      |
| Total                 | 15                       | 3                         | 18                                     |

Fuente: Elaboración propia

La iniciativa debiera ser de carácter permanente, por lo que en los 30 años del plan, alcanzará un total de \$540 millones de pesos.

#### Ubicación

La iniciativa es a nivel de cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se implementa a través de capacitaciones anuales, las que se repiten en forma permanente durante el horizonte del Plan.

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas.

#### Beneficiarios

Los beneficiarios directos son los directivos, administrativos y técnicos de los SSR. Los beneficiarios son indirectos, y corresponden al total de la población abastecida por los SSR.



---

### Seguimiento y control

El seguimiento corresponde a la verificación de las capacitaciones, diseño y aprobación de cursos, y convocatoria.

La métrica corresponde al número de personas efectivamente capacitadas.

Los hitos son:

- a) Diseño de los cursos de capacitación
- b) Capacitación de dirigentes, administradores y operadores
- c) Acreditación

Esta Línea de Acción busca establecer las bases para un Sistema de Control integrado de los Servicios Sanitarios Rurales dentro de la cuenca, con el propósito de disponer de información y capacidades de análisis para identificar problemas operacionales, mejorar los estándares de operación, implementar un programa de prevención y, en general, mejorar el desempeño de los SSR.

#### **7.1.1.2.2 PER 2.2 - Profesionalización de los SSR**

Esta iniciativa responde a la brecha BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales, y se relaciona con las iniciativas PER 2.1, Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores y con PER 2.3, Apoyo para la elaboración del Planes de Inversión y de Mantención Preventiva. La justificación de la brecha está en los problemas operacionales identificados en los SSR catastrados, que en general cuentan con una gran cantidad de arranques pendientes. Esto resulta en problemas de gestión, capacidad de formular propuestas, y sobre todo de mantener la operación del servicio ante demandas crecientes.

#### Objetivo y Origen

El propósito de esta iniciativa es promover la contratación de profesionales para que realicen una gerencia en cada servicio, de cara a la implementación de la Ley 20.998 de Servicios Sanitarios Rurales. Para esto, se propone un subsidio a la contratación de administradores o gerentes.

El origen de la iniciativa corresponde a las alternativas discutidas dentro del proceso de participación ciudadana del Plan estratégico.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Se propone el establecimiento de Incentivos a la profesionalización para los SSR de menos de 1.000 personas de la cuenca, que son 13 en total: Puente 5, Lotato, Andalién,



Chaimávida Soto, Villa Juan Riquelme Garay, Copiulemu, Ráhuil (en formación), San Carlitos (en formación), Perales, Vegas Itata, Purema, Villa Sayén de Copiulemu y Tapihue.

El incentivo consiste en un subsidio a la contratación de profesionales para la administración de estos servicios, el que se reduzca progresivamente al cabo de un tiempo. Se debe establecer metas o programas de desarrollo esperados para el SSR en el tiempo, una de las cuales puede ser que el SSR cuente permanentemente con una administración profesional.

De esta forma, las actividades o etapas son:

- a) Definición de un programa de desarrollo para el SSR: diagnóstico del estado del SSR (legal, administrativo y operacional), definición de metas para el corto y mediano plazo, coordinación con el Plan de Desarrollo de SSR.
- b) Financiamiento del administrador, el cual debe elaborar este Plan de Desarrollo y contribuir a la coordinación con la subdirección de SSR de la DOH, y a cumplir las metas del mismo PD.

### Costo

Para la determinación del monto de los incentivos, se consideró que un administrador de un Servicio Sanitario Rural tiene una remuneración bruta de \$ 1.666.667.-, con un costo anual de \$20.000.000.- de pesos (Tabla 7-5).

De esta manera, se propone subsidiar el 50% de la contratación de este administrador, o bien subsidiar su contratación por un 50% de jornada (10 días al mes), lo que equivale a \$10 millones de pesos al año por SSR.

**Tabla 7-5. Partidas para la Profesionalización de los SSR**

| Partida                                                              | Alcance                                                                                        | N° de SSR | Costo Unitario<br>(millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Subsidio a la profesionalización de los Servicios Sanitarios Rurales | Subsidio por \$10 millones anuales, por 5 años, para contratación de profesionales acreditados | 13        | 50                                 | 650                             |
| <b>Total</b>                                                         |                                                                                                |           |                                    | <b>650</b>                      |

Fuente: Elaboración propia

### Ubicación

La ubicación corresponde a los SSR de menos de 1.000 personas dentro de la cuenca: Puente 5, Lotato, Andalién, Chaimávida Soto, Villa Juan Riquelme Garay, Copiulemu, Ráhuil



---

(en formación), San Carlitos (en formación), Perales, Vegas Itata, Purema, Villa Sayén de Copiulemu y Tapihue.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se implementa en el corto plazo (5 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas, en colaboración con cada SSR.

#### Beneficiarios

Los beneficiarios son indirectos, y corresponden al total de la población abastecida por los SSR.

#### Seguimiento y control

El seguimiento corresponde al número de SSR con subsidio efectivo, así como al cumplimiento de las metas de los programas de trabajo elaborados.

### **7.1.1.2.3 PER 2.3 – Apoyo para la elaboración del Planes de Inversión y de Mantención Preventiva**

Esta iniciativa responde a la brecha BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales, y se relaciona con la iniciativa PER 2.1 – Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores; y con PER 2.2 Profesionalización de los SSR. La justificación de la medida está en los problemas operacionales identificados en los SSR catastrados, que en general cuentan con una gran cantidad de arranques pendientes.

#### Objetivo y Origen

El propósito de esta iniciativa es prestar un apoyo permanente a los SSR para que elaboren los instrumentos de planificación requeridos por la Ley 20.998 (Planes de Inversiones), y que además elaboren un Plan de Mantención preventiva de sus instalaciones, que oriente, dimensione y programe las intervenciones a realizar en el tiempo.

El origen de la iniciativa corresponde a las alternativas discutidas dentro del proceso de participación ciudadana del Plan estratégico.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La Ley 20.998, de Servicios Sanitarios Rurales, establece que los Servicios Sanitarios Rurales dependen de una Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas, a la cual "le corresponderá efectuar estudios, gestión comunitaria,

inversiones de agua potable, inversiones de saneamiento, proyectos de agua potable, proyectos de saneamiento y llevar el registro de los operadores” (art. 72). En este sentido, deben presentar Planes de Inversión de manera quinquenal para su aprobación por parte de la DOH.

La medida propuesta por el presente Plan considera, entonces:

1. Apoyo a los SSR para la elaboración de los Planes de Inversión, que incorporen las mejoras en infraestructura y los arranques pendientes.
2. Apoyo a los SSR para la elaboración de Planes de Mantenimiento Preventiva, que consisten en un instrumento para el seguimiento de las mantenciones mayores de cada servicio.

No se incluyen los Planes de Acción, ya que esta tarea quedó incorporada dentro de las funciones del administrador propuesto en la iniciativa PER 2.2 de este Plan.

Respecto de los **Planes de Inversión**, se espera que éstos incorporen las obras requeridas para aumentar la capacidad de producción de agua, tratamiento, redes de distribución. De esta forma, deben dar cuenta de las medidas contenidas en PER 2.6 (instalación de telemetría), PER 2.7 (Cobertura de arranques pendientes), y PER 2.8 (Saneamiento), así como el crecimiento natural de cada centro poblado y las obras requeridas para su atención. Una de las ventajas de contar con una asesoría transversal a los Planes de Inversión es que de esta forma se pueden incorporar conexiones o integración entre distintos SSR, o de los SSR con las redes urbanas, que de otra forma no serían identificadas.

Respecto de los **Planes de Mantenimiento Preventiva**, se espera que éstos incorporen las tareas de mantenimiento de la infraestructura existente, con el propósito de que se mejore la vida útil y estándar de operación de esta. Las labores de mantención deben ser cargadas en el Sistema de Información para los SSR propuesto en la medida PER 2.5.

Para materializar este apoyo, se propone la contratación de una **asesoría quinquenal**, que permanentemente colabore en la elaboración de los planes de inversión y de mantención, de manera que se disponga de un estándar común para todos los SSR de la cuenca. Para el caso que el propio SSR haya realizado su propio Plan, se propone la revisión de este y las correspondientes propuestas de mejora.

Respecto del Plan de Mantención, se refiere específicamente a un programa de corto y mediano plazo, no acotado a 5 años, que incorpore las mantenciones mayores de las instalaciones de cada SSR, incluyendo captaciones, impulsiones, conducciones, y otras obras especiales. El propósito es que esta información pueda ser incorporada dentro del Sistema de Información de los SSR, y se pueda realizar un seguimiento operativo de las mismas, sin perjuicio de que se vayan reflejando progresivamente dentro del Plan de Inversiones quinquenal.

---

### Costo

Para determinar el costo de cada partida, se trabajó a partir de las horas de consultoría requeridas en cada caso, las que se detallan en el Anexo J3. Los montos son referenciales (Tabla 7-6).

**Tabla 7-6. Partidas del Programa de Desarrollo y Mantención Preventiva**

| Partida                            | Alcance                                                                                                                                | Monto<br>(millones de \$) |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Diagnóstico en terreno             | Catastro en terreno de la totalidad de los SSR de la cuenca. Diagnóstico de obras de captación, tratamiento, conducción y saneamiento. | 50                        |
| Programa de mantención y reemplazo | Programa de mantención de partes y piezas. Definición de insumos críticos. Definición de ruta crítica para la mantención preventiva.   | 100                       |
| Programa de Desarrollo             | Programa de ampliación de instalaciones y redes de distribución.                                                                       | 50                        |
| <b>Total</b>                       |                                                                                                                                        | <b>200</b>                |

Fuente: Elaboración propia

El plazo de desarrollo de este estudio es de 12 meses, y debiera ser actualizado en forma quinquenal. De esta forma, en el plazo del Plan, el programa debiera ser ejecutado en 6 oportunidades, con un costo agregado de \$1.200 millones de pesos. En este sentido, esta iniciativa se desarrolla en forma permanente.

### Ubicación

La medida aplica en la totalidad de los SSR de la provincia.

### Plazos de implementación

La iniciativa se implementa en forma permanente durante el horizonte del Plan.

### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas.

### Beneficiarios

Los beneficiarios son indirectos, y corresponden al total de la población abastecida por los SSR.



---

### Seguimiento y control

El seguimiento y los hitos asociados corresponden a la verificación de la elaboración y aprobación de los programas de desarrollo y mantención, en forma quinquenal.

#### **7.1.1.2.4 PER 2.4 - Sistema de información para los Servicios Sanitarios Rurales**

Esta iniciativa responde a la brecha BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales, y se relaciona con la iniciativa PER 2.4 Programa de desarrollo y Mantención Preventiva de Servicios Sanitarios Rurales y PER 2.6 Instalación de Telemetría en los Servicios Sanitarios Rurales. La justificación de la medida está en los problemas operacionales identificados en los SSR catastrados, los que en buena parte se deben a problemas de programación de tareas y gestión del conocimiento e información.

#### Objetivo y Origen

El propósito de esta iniciativa es contar con una plataforma informática que funcione como un canal de comunicación para la gestión de los SSR, simplificar la administración de estos, recopilar información de las fuentes naturales (cantidad y calidad), así como permitir el seguimiento de los programas de mantención y operación de las instalaciones.

El origen de la iniciativa corresponde a las alternativas discutidas dentro del proceso de participación ciudadana del Plan estratégico.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Para abordar esta brecha se propone la creación de un Sistema de Información de Servicios Sanitarios Rurales, el que cuente con tres módulos principales: Módulo de Control de Fuentes de Agua, Módulo de Calidad de Aguas, y Módulo de Mantención Preventiva, los que se describen a continuación.

**Módulo de Administración:** sistema de administración del SSR, que contenga la posibilidad de sistematizar y simplificar reportes de tipo administrativo que los SSR deban realizar en forma interna (asambleas, actas), como para ser reportados a la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la DOH, y a la Superintendencia de Servicios Sanitarios.

**Módulo de Control de Fuentes de Agua:** sistema de seguimiento en línea de niveles estáticos y dinámicos de las fuentes de agua, principalmente pozos, con el propósito de contar con información en tiempo real y con respaldo histórico sobre la evolución de cada una de las fuentes naturales. De esta forma, se podrá construir tendencias y anticipar colapso de estas fuentes, al mismo tiempo que se dispondrá de una nueva fuente de información para aportar al seguimiento del acuífero.

---

**Módulo de Calidad de Aguas:** Sistema integrado de información de calidad de aguas proporcionadas por los SSR, que recoja en una sola plataforma los distintos tipos de análisis de calidad de aguas realizados a lo largo del país. Esta plataforma debiera ser alimentada en forma automática por los laboratorios acreditados para realizar los análisis de calidad de aguas, y de esta forma asegurar que no existirán costos adicionales ni errores de transcripción.

**Módulo de Mantención Preventiva:** sistema de seguimiento operacional de los SSR, con el propósito de disponer de información actualizada y aportada por los propios usuarios sobre de ciertos parámetros operacionales, como producción de agua, registro de aplicación de productos, problemas técnicos o detenciones en la producción de agua, entre otros. En particular, se espera que a partir del análisis de la información de producción y consumo se pueda contar con sistema de mantención preventiva que mejore el uso de la infraestructura, al mismo tiempo que permita tener una estimación de las pérdidas, y se pueda gestionar este componente que pudiera ser relevante en ciertos SSR. Se espera abordar por completo el aspecto de información de administración y operación de los SSR que es parte de la brecha.

Las etapas son:

- a) Diseño del sistema de información
- b) Desarrollo
- c) Puesta en marcha
- d) Carga de información de SSR

#### Costo

El desarrollo de esta plataforma se estima en 12 meses, y no se consideran dentro de la partida los costos de administración y mantención futuros. Esta iniciativa puede tener alcance nacional, ya que no existen limitaciones espaciales para la plataforma propuesta. En el futuro, es posible agregar módulos adicionales a esta plataforma, para la administración y generación de reportes requeridos por la Ley 20.998, entre otros (Tabla 7-7).

**Tabla 7-7. Partidas del Sistema de Información de Servicios Sanitarios Rurales**

| Partida                              | Alcance                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Monto<br>(millones de \$) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Módulo de Administración             | Desarrollo e implementación de un sistema de administración del SSR, que contenga la posibilidad de sistematizar y simplificar reportes de tipo administrativo que los SSR deban realizar en forma interna (asambleas, actas), como para ser reportados a la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la DOH, y a la Superintendencia de Servicios Sanitarios. | 100                       |
| Módulo de control de fuentes de agua | Desarrollo e implementación de un sistema informático que reciba, en línea, los niveles observados en las fuentes naturales de agua de los servicios sanitarios rurales, y permita anticipar problemas de abastecimiento.                                                                                                                                             | 200                       |
| Módulo de Calidad de Aguas           | Gestión de perfiles de usuario. Carga de SSR, y usuarios autorizados.<br>Acceso de laboratorios, carga de datos manuales y mediante archivos predefinidos<br>Reportes. Definición de Alertas automáticas. Descarga de datos. Conexión con otros sistemas.                                                                                                             | 200                       |
| Módulo de Mantenimiento Preventiva   | Desarrollo e implementación de un sistema informático que contenga los principales aspectos de mantenimiento preventiva de los servicios sanitarios rurales, destinado a ser un apoyo para la operación de los SSR.                                                                                                                                                   | 100                       |
| <b>Total</b>                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>600</b>                |

Fuente: Elaboración propia

El costo de desarrollo es de \$600 millones de pesos.

#### Ubicación

La medida beneficia a todos los SSR de la cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo.

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas.

#### Beneficiarios

Los beneficiarios son indirectos, y corresponden al total de la población abastecida por los SSR.



---

### Seguimiento y control

La meta asociada consiste en el desarrollo de la plataforma y sus tres módulos. El indicador de proceso asociado corresponde al hito de puesta en marcha de esta plataforma informática y la carga de los datos de los SSR.

El hito de verificación son los SSR que efectivamente cuentan con telemetría instalada.

#### **7.1.1.2.5 PER 2.5 - Instalación de Telemetría en los Servicios Sanitarios Rurales**

Esta iniciativa responde a la brecha BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales, y se relaciona con la iniciativa PER 4.3 – Sistema de Información para los SSR. La justificación de la medida está en los problemas operacionales identificados en los SSR catastrados, que en general cuentan con precariedad en las fuentes de agua.

### Objetivo y Origen

El propósito de la iniciativa es contar con información en tiempo real de las fuentes de agua, construir un registro de niveles que permita anticipar potenciales quiebres en la disponibilidad, y mejorar la comprensión de las fuentes de agua a nivel de la cuenca.

El origen de la iniciativa corresponde a las alternativas discutidas dentro del proceso de participación ciudadana del Plan estratégico.

### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Se propone la instalación de sistemas de medición en tiempo real de caudales y niveles de pozos, cuyos registros se envíen mediante telemetría para el seguimiento en línea de los niveles de pozos, así como la extracción que se realiza. De la misma manera, se espera seguir los niveles en las fuentes de agua superficiales y las tasas de extracción.

Se espera abordar por completo el aspecto de información de fuentes naturales que es parte de la brecha. Se debe privilegiar aquellos SSR con mayor número de arranques para la implementación.

### Costo

Para determinar el costo de instalación, se revisaron cotizaciones de instalación de sistemas similares, y se aplicó un factor de seguridad de un 25%. Con esto, el valor por sistema instalado es de \$7,61 millones de pesos.

El total de sistemas a instalar alcanza a los 16 SSR de la cuenca, por lo que el costo total de esta iniciativa es de **\$121,6 millones de pesos** (Tabla 7-8). Se propone un plazo de implementación de 5 años (Corto plazo).





**Tabla 7-8. Costo de Instalación de Telemetría en la Cuenca**

| Partida                                    | Cantidad (SSR) | Costo Unitario (Millones de \$) | Costo Total (Millones de \$) |
|--------------------------------------------|----------------|---------------------------------|------------------------------|
| Sistema de telemetría (niveles y caudales) | 16             | 7,6                             | 121,6                        |
| <b>Total (Millones de \$)</b>              |                |                                 | <b>121,6</b>                 |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

La ubicación corresponde a los distintos servicios sanitarios rurales de la cuenca, los que se encuentran distribuidos en la totalidad de las comunas del Plan.

#### Plazos de implementación

Considerando la cantidad de SSR en que se debería implementar la iniciativa, se estima que debe ser implementada en el mediano plazo (10 años), por lo que quedaría comprometida dentro de dos quinquenios del Plan de Desarrollo. Se debe privilegiar aquellos SSR con mayor número de arranques para el primer quinquenio.

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas.

#### Beneficiarios

Los beneficiarios son indirectos, y corresponden al total de la población abastecida por los SSR.

#### Seguimiento y control

El seguimiento y los hitos asociados corresponde a la instalación de los sistemas de medición y transmisión de datos en forma remota.

El hito de verificación son los SSR que efectivamente cuentan con telemetría instalada.



---

#### **7.1.1.2.6 PER 2.6 – Aumento en la cobertura de agua potable en sectores rurales por arranques pendientes**

Esta iniciativa responde a la brecha BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales, y se relaciona con la iniciativa PER 3.1 Programa de Desarrollo y Mantenimiento Preventivo de los SSR.

La medida se justifica en la necesidad de extender la red de los Servicios Sanitarios Rurales para dar cobertura a los 666 arranques pendientes identificadas en el catastro de SSR realizados.

##### Objetivo y Origen

El objetivo es ampliar la cobertura de los SSR para incorporar los 666 arranques pendientes identificados en la brecha BPER 5 del presente Plan Estratégico.

La medida no ha sido formulada por algún organismo público o privado, pero es parte de las funciones tanto de los SSR como de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales del Ministerio de Obras Públicas.

##### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida consiste en el aumento de la cobertura de la red de distribución de agua potable en Servicios Sanitarios Rurales, de manera de aumentar de 2.917 a 3.583 arranques.

Las etapas requeridas para la implementación de la iniciativa son 2 (las que se repiten en el tiempo):

- a) Estudio de ingeniería por cada uno de los SSR
- b) Construcción de las soluciones

##### Costo

Se realizó una estimación del costo por ampliación de 1 arranque en la red, bajo el supuesto que se trata de a lo menos 8 arranques por km lineal de distribución (Anexo J3). En consecuencia, se dimensionó la red de distribución, cantidad de válvulas y arranques para esta cantidad de viviendas. Al costo material del arranque individual, se incorporó otros costos de obras complementarias, como pueden ser plantas elevadoras de agua potable, extensiones de ductos entre sectores, obras especiales, traviesos, etc., así como los costos de ingeniería y permisos, e imprevistos.

**Tabla 7-9. Costo total por arranque**

| Partida                                                                | Unidad   | Cantidad | Costo Unitario (\$) | Costo total (\$) |
|------------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------------------|------------------|
| Arranque                                                               | Arranque | 1        | 5.204.587           | 5.204.587        |
| Obras complementarias (PEAP, Extensiones de ductos, atraviesos, otros) | %        | 20%      | 5.204.587           | 1.040.917        |
| Imprevistos                                                            | %        | 20%      | 5.204.587           | 1.040.917        |
| Ingeniería y permisos                                                  | %        | 20%      | 5.204.587           | 1.040.917        |
| <b>Total por Arranque</b>                                              |          |          |                     | <b>8.327.338</b> |

Fuente: Elaboración propia sobre datos ESSBIO

**Tabla 7-10. Identificación de Arranques pendientes por SSR**

| Nº           | Nombre                        | Nº de arranques | Nº de arranques pendientes | Costo unitario | Costo Total    |
|--------------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|----------------|----------------|
| 1            | SSR Chaimávida Soto           | 175             | 40                         | 8,3            | 333,1          |
| 2            | SSR Villa Juan Riquelme Garay | 273             | 1                          | 8,3            | 8,3            |
| 3            | SSR Copiulemu                 | 240             | 15                         | 8,3            | 124,9          |
| 4            | SSR Ráhuil (en formación)     | 98              | 40                         | 8,3            | 333,1          |
| 5            | SSR Tapihue                   | 186             | 50                         | 8,3            | 416,4          |
| 6            | SSR PISSIS                    | 462             | 20                         | 8,3            | 166,5          |
| 7            | SSR Coliumo Tomé              | 670             | 500                        | 8,3            | 4.163,7        |
| <b>TOTAL</b> |                               | <b>2.917</b>    | <b>666</b>                 |                | <b>5.546,0</b> |

Fuente: Elaboración propia sobre consulta a SSR

En consecuencia, se estima que el costo total de la medida es de \$5.546 millones de pesos.

#### Ubicación

La ubicación corresponde a los siguientes SSR de la cuenca: SSR Chaimávida Soto, SSR Villa Juan Riquelme Garay, SSR Copiulemu, SSR Ráhuil (en formación), Tapihue, PISSIS y SSR Coliumo Tomé.

#### Plazos de implementación

La iniciativa debe implementarse en el mediano plazo (10 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas. El financiamiento es público.

Otros organismos participantes son la Superintendencia de Servicios Sanitarios y los Servicios Sanitarios Rurales, beneficiarios directos.



---

### Beneficiarios

Los beneficiarios se pueden estimar en las 666 viviendas que recibirán cobertura de agua potable.

### Seguimiento y control

El seguimiento consiste en la verificación de las etapas del proceso de ingeniería, pero sobre todo en el número de arranques instalados.

Los hitos asociados son la realización del Plan de Desarrollo de los SSR y la posterior implementación de las soluciones de infraestructura.

#### **7.1.1.2.7 PER 2.7 - Aumento en la cobertura de saneamiento rural**

Esta iniciativa responde a la brecha BPER 5 Problemas de operación y administración de Servicios Sanitarios Rurales, y se relaciona con PER 3.1, Plan de Desarrollo y Mantención de SSR.

Actualmente ninguno de los 16 SSR cuenta con sistemas de tratamiento de aguas servidas, por lo que se espera aumentar la proporción de las personas que acceden a saneamiento, por lo que se espera proporcionar una solución en el largo plazo.

### Objetivo y Origen

El objetivo es aumentar la cobertura de tratamiento de aguas servidas asociadas a los servicios sanitarios rurales de la cuenca.

La medida no ha sido formulada por algún organismo público o privado, pero es parte de las funciones tanto de los SSR como de la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas.

### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida consiste en el aumento de la cobertura de saneamiento rural, partiendo del supuesto que ninguno de los 16 SSR de la cuenca cuenta con recolección y tratamiento de aguas servidas.

En consecuencia, se consideró como meta de esta iniciativa el aumento de la cobertura en SSR, desde 0% hasta 100% en un plazo de 30 años (1 SSR cada 2,0 años), con un total de 16 SSR beneficiados.

La iniciativa se hace cargo del total de la brecha de saneamiento en sectores rurales, sin perjuicio que queda fuera de ésta la población que vive en sectores dispersos o asentamientos irregulares.

Las etapas requeridas para la implementación de la iniciativa son:

- 
- a) Estudio de ingeniería para las soluciones de tratamiento de aguas servidas
  - b) Construcción de las redes de alcantarillado y Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas

### Costo

Se estima que la inversión requerida para la extensión de redes es de \$10.428 millones de pesos por Servicio Sanitario Rural, costo que incluye una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, 10 km de alcantarillado y 3 Plantas Elevadoras de Aguas Servidas. En consecuencia, el costo total estimado de inversión requerido es de **\$166.848 millones de pesos**, a ser invertidos en el corto, mediano y largo plazo (30 años) (Tabla 7-11). La memoria de cálculo se presenta en el Anexo J3.

**Tabla 7-11. Costo referencial del Sistema de Saneamiento Rural**

| Partida                       | Cantidad de SSR | Costo Unitario (Millones de \$) | Costo Total (millones de \$) |
|-------------------------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------|
| Sistemas de Saneamiento Rural | 16              | 10.428                          | 166.848                      |
| <b>Total</b>                  |                 |                                 | <b>166.848</b>               |

Fuente: Elaboración propia

El costo total referencial de la iniciativa equivale a 4.883.310 UF.

### Ubicación

La ubicación corresponde a los 16 servicios sanitarios rurales de la cuenca, los que se encuentran distribuidos en la totalidad de las comunas.

### Plazos de implementación

La iniciativa es de implementación permanente, por lo que compromete el mediano y largo plazo, dentro de un horizonte de 30 años.

### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es la Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales de la Dirección de Obras Hidráulicas. El financiamiento es público.

Otros organismos participantes son la Superintendencia de Servicios Sanitarios y los Servicios Sanitarios Rurales, beneficiarios directos.

---

### Beneficiarios

Los beneficiarios se pueden estimar en los 16 SSR que contarán con tratamiento de aguas servidas, y las 10.131 que residen en éstos (más los arranques pendientes).

### Seguimiento y control

El seguimiento corresponde a la verificación de los programas de desarrollo de Servicios Sanitarios Rurales del MOP.

El seguimiento es permanente, y se puede expresar en población cubierta, o bien por el porcentaje de la población rural con acceso al saneamiento dentro del territorio operacional, el que debe tender al 100,0%.

## **7.1.1.3 Seguridad Hídrica para Viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua**

### **7.1.1.3.1 PER 3.1 – Plan para viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua**

Esta iniciativa responde a la brecha BPER 3 Población en riesgo de abastecimiento de agua potable, y se relaciona con las medidas ECO 2.1, 2.2 y 2.3.

La brecha BPER 3 señala que, según el Censo de Vivienda y Población del año 2017, un total de 2.159 viviendas se abastecen de agua potable mediante pozos, 956 mediante ríos, vertientes u otras fuentes superficiales, 367 mediante camiones aljibe, y 149 no tienen fuente identificada. Se deben incluir además los 16 SSR identificados en la cuenca.

En consecuencia, la medida se justifica en la necesidad de proteger las fuentes de agua de cada una de estas viviendas, se encuentren en forma aislada o agrupada, con el propósito de mejorar su resiliencia ante el cambio climático.

### Objetivo y Origen

El objetivo es diagnosticar el estado actual, proponer e implementar la solución requerida para cada una de las viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua Potable urbanas o rurales, e identificar aquellas viviendas sin factibilidad de agua.

### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida consiste en la elaboración e implementación de un Plan para viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua, que determine la pertinencia de conectarlas a las redes de agua potable urbana o rural, integrarlas a Redes Participativas de Agua, a mejoras de los abastos individuales, y finalmente identificar el conjunto de viviendas sin factibilidad de agua.

Las viviendas fuera de la red son en total 2.159, por lo que se debe determinar qué grupos de viviendas pudieran ser gestionadas en forma conjunta, y por complemento, qué viviendas corresponden a situaciones aisladas. Para esto, se debe realizar un catastro de viviendas, partiendo de la información censal ya descrita, la cual se debe actualizar a partir de las Fichas de Información Básica de Emergencia Hídrica (FIBEH), elaboradas por cada municipio, y que permiten gestionar el abastecimiento de agua mediante camiones aljibe. Estas fichas fueron implementadas en el año 2021 debido a la necesidad de una nueva forma de catastro para emergencias por Déficit Hídrico, que levante información específica de la disponibilidad de agua en los hogares, y cómo su escasez ha afectado a la población. Estas variables no son consideradas en la FIBE, y, por lo tanto la División de Focalización y la Unidad de Información Social en Emergencias, lanzó la Ficha Básica de Emergencia Hídrica (FIBEH), la cual se convierte en el nuevo instrumento de catastro social en emergencias por Déficit Hídrico. La FIBEH, además de identificar a las familias afectadas por la escasez hídrica, recopila información técnica sobre el uso del agua, formas de abastecimiento, medios de almacenamiento y necesidades técnicas de las familias<sup>35</sup>. Estos antecedentes están consolidados en el Sistema de Información Social en Emergencias, del Ministerio de Desarrollo Social y Familia<sup>36</sup>.

A partir de este catastro de viviendas en condición de inseguridad hídrica, se debe realizar un análisis espacial que permita determinar, por ejemplo, cercanía entre viviendas, cercanía a fuentes de agua, a Servicios Sanitarios Rurales, etc., así como la distribución específica de las viviendas abastecidas mediante camiones aljibe (no todas las viviendas desconectadas de la red se encuentran en problemas de abastecimiento). De este análisis, se tienen los siguientes tipos de viviendas:

1. Viviendas que están dentro de los sectores de expansión de las redes urbanas o rurales
2. Viviendas que pueden agregarse dentro de una RPA
3. Viviendas aisladas, o donde las condiciones de riesgo o asociatividad no hacen aconsejable implementar una RPAP
4. Viviendas sin factibilidad de agua.

Se analizan las soluciones por separado.

### **Viviendas dentro de la expansión de Redes Públicas de Agua**

Para estas viviendas se estima que la mejor alternativa es la conexión a la red pública correspondiente. En este caso, para las redes urbanas se cuenta con la acción catastrada de los Planes de Desarrollo de la empresa sanitaria (ESSBIO).

---

<sup>35</sup> Revisado en <http://fibe.gob.cl/fibeh/>

<sup>36</sup> Accesible para servicios públicos en <https://sise.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/>

---

### **Viviendas que pueden ser incorporadas dentro de una RPA (abasto colectivo)**

El concepto de abasto colectivo existe dentro de las opciones que el Estado y los gobiernos locales gestionan el abastecimiento de agua en los sectores rurales. En particular, las Redes Participativas de Agua (RPA) se encuentran dentro de esta categoría, y a nivel práctico corresponden a una adaptación de la experiencia denominada “Red Participativa de Agua Potable de Catrumán”, en la comuna de Ancud, Chiloé<sup>37</sup>. En lo principal, esta iniciativa parte de la organización de viviendas que se encuentran en sectores dispersos, por debajo de la cobertura establecida para los Servicios Sanitarios Rurales, por lo que no son beneficiarios de esta política pública. Dada esta condición, las RPA buscan gestionar en forma colectiva una fuente común de agua, que sea estable en el tiempo, y construir un aprovechamiento común de la misma, ya sea mediante captura de aguas superficiales en una quebrada (en el caso de Catrumán), pero bien pudiera ser un pozo de aprovechamiento común u otra fuente superficial. Un aspecto relevante es la protección de la fuente de agua común mediante manejo de micrositios, de manera de promover la mantención o mejora de los servicios ecosistémicos del territorio a nivel local.

En este sentido, existen tres aspectos clave para la implementación de una RPA:

- a) Contar con un conjunto de viviendas con una densidad inferior a la requerida para el establecimiento de un Servicio Sanitario Rural
- b) Contar con una fuente de agua común, que sea estable en el tiempo
- c) Contar con un capital social que permita la organización de grupos de viviendas dispersas

Una vez identificados los grupos de viviendas candidatas a establecer una RPA, se debe iniciar una fase de levantamiento de información en terreno, y de identificación, caracterización y coordinación de los usuarios locales, con el propósito de determinar la factibilidad técnica, económica y social para el establecimiento de la RPAP.

Como se señaló, una componente relevante de las RPA es la protección de las fuentes de agua identificadas, mediante un manejo a nivel local del entorno de estas. De esta manera, se busca resguardar los servicios ecosistémicos, y particularmente la provisión de agua para las personas. Para esto se debe proponer un plan de manejo específico para el territorio de influencia. Este manejo de micrositios considera alternativas tales como:

- Ordenación de las explotaciones forestales en la microcuenca aportante, con el propósito proteger la fuente natural de cambios en la calidad del agua, aumentos drásticos de la escorrentía y/o disminución de la recarga, entre otros. En este caso, se trata principalmente de plantaciones de eucalipto.

---

<sup>37</sup> Revisado en <https://redaguaChiloé.wordpress.com/> y visitada en terreno por el equipo consultor.



- 
- Propuesta de manejo de la microcuenca aportante, promoviendo el manejo ambiental adecuado de aquellas fuentes de riesgo para la calidad, cantidad u oportunidad de las aguas.
  - Recuperación y enriquecimiento de la cuenca aportante con vegetación nativa, interviniendo aquellos sectores degradados o con procesos de erosión activos, con el propósito de aumentar la biodiversidad, incorporando especies que pudieran constituir fuente de recursos secundarios, como especies melíferas, estableciendo zonas de exclusión de ganado, etc.
  - Manejo de la fuente mediante ecotecnias que favorezcan la recuperación del ciclo hidrológico, mediante zanjas de infiltración, fajinas para el control de erosión, barreras para el control de aporte de sedimentos u otras relacionadas.
  - Mejoras en la infraestructura de captación y conducción de las aguas.
  - Trabajo participativo, con la comunidad local, para que la solución se construya en conjunto, y que ellos aporten tanto la disposición al ordenamiento territorial, como aportes en mano de obras, maquinaria o materiales de construcción, cuando sea necesario.

Dependiendo de la naturaleza del sitio a intervenir, los resultados esperados son:

- Mejora en la cantidad, calidad y oportunidad del agua provista por la fuente natural
- Desarrollo de infraestructura hidráulica básica, para el caso de sectores dispersos, que permita distribuir agua a nivel domiciliario en zonas que carezcan de esta posibilidad.
- Establecimiento de instancias locales de colaboración que permitan avanzar en niveles de organización y gestión del territorio desde lo local.

### **Viviendas aisladas (fuera de las RPA)**

Las RPA pueden ser una opción para grupos de viviendas, pero existen condiciones donde no son adecuadas:

- Las viviendas se encuentran alejadas unas de otras, haciendo imposible cualquier tipo de conexión mediante infraestructura
- Las viviendas cuentan con una fuente individual estable a la fecha, por lo que el nivel de riesgo (y la percepción de este) es baja, a lo menos de momento
- No existe capital social debido a conflictos anteriores, desconocimiento, desconfianza u otros, los que no permiten avanzar en un proceso conjunto.

En este caso, se propone en tanto sea posible:

- Identificación de fuentes individuales de agua
- Propuesta de mejora para los abastos individuales (posiblemente pozos)
- Propuesta de manejo del sitio para protección de la fuente

---

Dentro de las propuestas se tienen los siguientes ejemplos.

- **Acumulación de aguas lluvia a nivel colectivo.** Se basa en la posibilidad de acumular aguas de escorrentía superficial capturadas desde vertientes u otros cursos de agua, las que se pueden filtrar y almacenar en cisternas flexibles de tamaño variable (por ejemplo, sobre la base de unidades de 200 m<sup>3</sup>). El almacenamiento en estas condiciones no es de tipo potable, por lo que se requiere de un sistema nuevo de filtrado y potabilización para dejarlas aptas para consumo humano. Este sistema es complementario a las redes participativas de agua, y permite extender la disponibilidad de agua en temporada de sequía hídrica. Como referencia, una cisterna de 200 m<sup>3</sup> puede proveer de agua a 20 personas durante 100 días (100 litros por persona al día).
- **Sistemas de recolección individual de aguas lluvia o aguas de escorrentía.** Se basan en la recolección de aguas lluvia desde techos de viviendas o edificaciones de uso productivo, la que se acumula siguiendo el modelo de "Islas Urbanas" ya implementado en Quemchi. Complementariamente, se pueden diseñar obras de captación de aguas de escorrentía, y almacenarlas en cisternas flexibles de tamaño variable.

### **Viviendas sin factibilidad de agua**

Adicionalmente, existirá una proporción de viviendas que no tendrán solución aparente, debido a que se emplazan en sectores sin factibilidad de agua. Se debe elaborar este listado para determinar la cantidad de estas viviendas y estudiar medidas complementarias. Sin embargo, dada la disponibilidad de precipitaciones en la cuenca, se estima que no debiesen existir viviendas sin factibilidad de agua.

### **Etapas de la iniciativa**

Las etapas requeridas para la implementación de la iniciativa son las siguientes:

- a) Plan para intervención de Viviendas desconectadas de la Red Pública de Agua
- b) Elaboración e implementación de un programa de Redes Participativas de Agua
- c) Elaboración e implementación de un programa de mejora de abastos individuales
- d) Elaboración de un programa de contingencia para viviendas sin factibilidad de agua

### **Costo**

El costo total de la iniciativa es de **\$11.010 millones de pesos**, según se detalla en la Tabla 7-14, mientras la Tabla 7-12 y Tabla 7-13 entregan los costos referenciales y las partidas de red participativa de agua.

**Tabla 7-12. Plan para Viviendas desconectadas de la Red Pública de Agua**

| Partida                                                                                                                       | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de<br>\$) | Costo Total<br>(Millones de<br>\$) |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Identificación de universo de viviendas desconectadas de la red y subconjunto abastecido por camiones aljibe                  | Hp     | 1.000    | 0,05                                  | 50                                 |
| Clasificación de viviendas según solución potencial (conexión a red pública, RPA, mejoramiento individual y sin factibilidad) | Hp     | 1.000    | 0,05                                  | 50                                 |
| Programa de conexión de viviendas a la red pública APU y APR                                                                  | Hp     | 1.000    | 0,05                                  | 50                                 |
| Programa de implementación de Redes Participativas de Agua                                                                    | Hp     | 1.000    | 0,05                                  | 50                                 |
| Programa de mejora de captaciones individuales                                                                                | Hp     | 1.000    | 0,05                                  | 50                                 |
| Programa de contingencia para viviendas sin factibilidad de agua                                                              | Hp     | 1.000    | 0,05                                  | 50                                 |
| Costos operacionales                                                                                                          | Mes    | 12       | 5                                     | 60                                 |
| <b>Costo Total</b>                                                                                                            |        |          |                                       | <b>360</b>                         |

Fuente: Elaboración propia

En complemento a la elaboración del Plan, se estimó en complemento un costo potencial de implementación de los distintos programas a proponer.

El costo de conexión de las viviendas desconectadas a las redes públicas de agua potable urbana queda contenido dentro de los Planes de Desarrollo de las empresas sanitarias. En complemento, la conexión a las redes de agua potable rural queda comprendida dentro de la medida PER 3.4 Aumento de la cobertura en sectores rurales por arranques pendientes. En consecuencia, no se incluyen dentro del presente análisis.

Si se incluye el costo de las Redes Participativas de Agua y soluciones individuales.

Las redes participativas de agua (RPA), como se definió previamente, corresponden a una provisión de agua en forma comunitaria a partir de una fuente común. En la Tabla 7-13 se presenta una estimación del costo de implementación.

**Tabla 7-13. Partidas para una Red Participativa de Agua**

| Partida                                              | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(millones de \$) | Costo Total<br>(millones de \$) |
|------------------------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Acompañamiento de la RPA                             | Hp     | 300      | 0,05                               | 15                              |
| Diseño participativo                                 | Hp     | 200      | 0,05                               | 10                              |
| Obras de captación                                   | gl     | 1        | 5                                  | 5                               |
| Obras de Acumulación<br>(Cisterna 200 m³)            | gl     | 3        | 5                                  | 15                              |
| Filtrado y potabilización                            | gl     | 1        | 3                                  | 3                               |
| Obras de distribución                                | km     | 5        | 1                                  | 5                               |
| Obras anexas (Cercado,                               | gl     | 1        | 5                                  | 5                               |
| Costos operacionales,<br>movimiento de tierra, otros | gl     | 1        | 5                                  | 5                               |
| <b>Total</b>                                         |        |          |                                    | <b>63</b>                       |

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación de las soluciones individuales, se tomó como referencia a las “Islas Urbanas”, cada una de las cuales se estimó en \$10 millones de pesos, mediante cotización con empresas proveedoras del sistema.

No es posible determinar en forma preliminar el número de RPAs potencialmente constituidas, por lo que se tomará como supuesto una base de 50 RPA, cada una de las cuales incluya 5 viviendas. Adicionalmente, se consideró el mejoramiento de 750 abastos individuales. En conjunto, ambas soluciones podrían dar solución a aproximadamente 1.000 viviendas. Sin embargo, la cantidad total y la situación de cada vivienda sólo se podrá tener una vez que se elabore el Plan para Viviendas desconectadas de la Red Pública de Agua (Tabla 7-12).

**Tabla 7-14 Resumen de la protección de fuentes de agua**

| Partida                                                           | Unidad               | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Plan para viviendas<br>desconectadas de la<br>Red Pública de Agua | gl                   | 1        | 360                                | 360                             |
| Redes Participativas de<br>Agua                                   | RPA                  | 50       | 63                                 | 3.150                           |
| Mejoramiento de<br>abastos individuales<br>(islas urbanas)        | Fuente<br>individual | 750      | 10                                 | 7.500                           |
| <b>Costo Total</b>                                                |                      |          |                                    | <b>11.010</b>                   |

Fuente: Elaboración propia

---

Se estima que la inversión requerida para la extensión de redes es de \$11.010 millones de pesos. Si bien el número de fuentes es estimativo, se puede considerar que serán beneficiadas unas 1.000 viviendas, lo que da un costo por vivienda de \$11,01 millones de pesos.

#### Ubicación

La medida beneficia a viviendas de toda la cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa debe ser implementada en el mediano y largo plazo (hasta 20 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

La iniciativa debe ser formulada en conjunto por el gobierno Regional y los municipios. El GORE debe financiar el estudio técnico previo, en coordinación con los municipios que son los que reciben los requerimientos directos de las personas mediante las fichas FIBEH. A continuación, las soluciones definitivas debieran ser financiadas por el GORE.

#### Beneficiarios

Los beneficiarios corresponden a los habitantes de las 1.000 viviendas que se podrían beneficiar de redes participativas de agua y soluciones individuales. La población asociada es de 3.000 personas.

#### Seguimiento y control

El seguimiento consiste en el número de viviendas con solución efectiva. Los hitos asociados son la realización del estudio técnico y la posterior implementación de las soluciones de infraestructura.

### **7.1.2 Seguridad Hídrica para los Ecosistemas**

La seguridad hídrica para los ecosistemas se refiere a la provisión de agua y condiciones de protección, soporte territorial, estudio y otros para la mantención de los ecosistemas terrestres, acuáticos continentales y marinos presentes en la cuenca. En Tabla 7-15 se presentan las iniciativas priorizadas y la brecha a la cual responden.

**Tabla 7-15. Iniciativas de Seguridad Hídrica de los Ecosistemas**

| Iniciativa                                                      | Brecha                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ECO 1 – Protección de Ecosistemas Acuáticos</b>              |                                                                                                    |
| ECO 1.1 – Acuerdo de Gestión de Humedales                       | BECO 1 Disminución de caudal ecológico en humedales<br>BECO 2 Degradación de ecosistemas acuáticos |
| ECO 1.2 – Seguimiento de humedales                              | BECO 1 Disminución de caudal ecológico en humedales<br>BECO 2 Degradación de ecosistemas acuáticos |
| <b>ECO 2 – Protección de Ecosistemas Terrestres</b>             |                                                                                                    |
| ECO 2.1 – Paisajes de conservación de la Cordillera de la Costa | BECO 3 Pérdida y degradación de vegetación terrestre                                               |
| ECO 2.2 – Estudio para la Protección de fuentes de agua         | BECO 3 Pérdida y degradación de vegetación terrestre                                               |
| ECO 2.3 – Restauración de Ecosistemas Terrestres                | BECO 3 Pérdida y degradación de vegetación terrestre                                               |
| ECO 2.4 – Recuperación de suelos degradados                     | BECO 4 Pérdida y degradación del suelo                                                             |

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.2.1 ECO 1 – Protección de Ecosistemas Acuáticos

#### 7.1.2.1.1 ECO 1.1 – Acuerdo de Gestión de Humedales

Esta iniciativa responde a las brechas BECO 1 Disminución de caudal ecológico en humedales y BECO 2 Degradación de ecosistemas acuáticos, y se relaciona con la iniciativa ECO 1.2 Seguimiento de humedales urbanos y rurales. La iniciativa se justifica en la existencia de presiones permanentes sobre los humedales, en la disminución de los aportes de agua esperados a futuro, y en el eventual conflicto por uso del agua a nivel superficial y subterráneo.

#### Objetivo y Origen

El propósito de la iniciativa es definir el alcance de gestión de un acuerdo de cuenca para la gestión de los humedales urbanos y rurales, el que defina indicadores de estado de estos cuerpos de agua como una medida del estado del ciclo hidrológico de la cuenca, y defina acciones de manejo para asegurar su continuidad en el tiempo.

La medida resulta de las mesas de trabajo sostenidas con la oficina regional del Ministerio de Medio Ambiente y programa GEF Humedales.

---

### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Se propone la promoción de dos acuerdos de gestión de los humedales: Vegas del Itata, Río Pingueral, Vegas de Coliumo, Rocuant- Andalién y Vasco da Gama. Se propone utilizar los humedales descritos como bioindicadores de la gestión de la cuenca aportante, de manera tal que el manejo que se realice sobre la cuenca se pueda medir en forma agregada.

Los indicadores a levantar en cada humedal son:

- Caudal superficial / subterráneo aportado al año en cada humedal
- Altura de agua referencial en el punto de mayor profundidad o espejo de aguas permanente de cada humedal
- Superficie del humedal, incluyendo superficie del espejo de agua
- Calidad de aguas, salinidad, conductividad eléctrica

Se propone generar un sistema de alerta, con tres niveles, que permita activar a los usuarios de la cuenca en pos de la gestión de estos humedales. En Tabla 7-16 se proponen ejemplos de los niveles a definir, pero éstos deben ser establecidos en el mismo acuerdo de gestión de los humedales.

Este sistema requiere el establecimiento de niveles de referencia para cada uno de los indicadores antes descritos, que reconozca la variabilidad estacional, así como la relevancia o ponderación entre los indicadores propuestos, u otros que se determine de relevancia.

De la misma forma, las acciones de respuesta pueden corresponder a regulación del uso anual de las aguas, recargas de excedentes o aportes directos a los humedales afectados; pero también a previsiones interanuales donde toma relevancia el manejo del uso del suelo y particularmente los paisajes de conservación de la Cordillera de la Costa (ECO 2.1).

**Tabla 7-16. Ejemplo de Umbrales**

| Nivel   | Umbral                                                                    | Respuesta                                                                                                                                                                      |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Normal  | Se cumple el umbral del 80% o más de los indicadores definidos            | No es necesaria una respuesta por parte de los usuarios                                                                                                                        |
| Alerta  | Cuando se está entre el 80% y 60% del umbral de los indicadores definidos | Se toman medidas de apresto dentro de la temporada, reducción de consumos, aumento de recarga de acuíferos.                                                                    |
| Colapso | Cuando se está por debajo del 60% de los umbrales definidos               | Se toman medidas de gestión para la temporada siguiente, promoviendo la recuperación del acuífero afectado, o proveyendo de aportes extraordinarios a los humedales afectados. |

Fuente: Elaboración propia



---

La iniciativa es de gestión, y no se tiene una medida -a priori- de la proporción de la brecha hídrica que es abordada con su implementación. Sin embargo, es crucial que se alcancen estos acuerdos entre sector público y privado, para definir a los humedales como indicadores del estado de cada cuenca.

Las etapas son:

- a) Definición de los humedales clave e indicadores ecosistémicos
- b) Definición de los umbrales asociados al plan de alerta
- c) Definición de las acciones a adoptar en caso de que se supere alguno de los umbrales establecidos
- d) Suscripción del acuerdo

#### Costo

La iniciativa no tiene costo, en tanto se trata de un acuerdo entre los actores de la cuenca.

#### Ubicación

Si bien la ubicación hace referencia a los humedales Vegas del Itata, Río Pingueral, Vegas de Coliumo, Rocuant- Andalién y Vasco da Gama, la medida se relaciona con la totalidad de la cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo. El acuerdo requiere 1 año de negociaciones.

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es el MMA.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

#### Seguimiento y control

El seguimiento a la iniciativa está dado por la suscripción del acuerdo por parte de los actores de cada sub cuenca, tanto públicos como privados. Se espera la suscripción de los dos acuerdos descritos anteriormente.



---

#### **7.1.2.1.2 ECO 1.2 – Programa de Seguimiento de humedales**

Esta iniciativa responde a las brechas BECO 1 Disminución de caudal ecológico en humedales y BECO 2 Degradación de ecosistemas acuáticos, y se relaciona con la iniciativa ECO 1.1 Acuerdos de gestión de humedales. La iniciativa se justifica en la existencia de presiones permanentes sobre los humedales, en la disminución de los aportes de agua esperados a futuro, y en el eventual conflicto por uso del agua a nivel superficial y subterráneo.

##### Objetivo y Origen

El propósito de la iniciativa es establecer un programa de seguimiento y monitoreo de los humedales urbanos y rurales de la cuenca, con el propósito de proveer de información base para el seguimiento y toma de decisiones asociada a los acuerdos de gestión.

La medida resulta de las mesas de trabajo sostenidas con la oficina regional del Ministerio de Medio Ambiente y programa GEF Humedales.

##### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La iniciativa comprende dos medidas principales: por un lado, un seguimiento trimestral de las variables de estado del humedal en directa relación con los parámetros señalados en el Reglamento de Humedales Urbanos, y por el otro, un seguimiento continuo mediante la instalación de sensores.

##### **Seguimiento trimestral**

- Integridad del área del humedal (bajo protección o identificada por el acuerdo), referida a la proporción del ecosistema que se encuentra inalterada
- perímetro mojado,
- Altura de agua referencial en el punto de mayor profundidad o espejo de aguas permanente de cada humedal
- niveles de pozos indicadores definidos en las cercanías de cada humedal;
- calidad de aguas (in situ),
- calidad de aguas (según NCh 1.333 tabla vida silvestre)
- caudal superficial (informado por DGA, cuando corresponda)
- Diversidad y abundancia de especies de bentos y plancton, macrófitas y aves
- Parámetros en la columna de agua de mar dentro del área de influencia del humedal
- Otros a definir en cada ecosistema.

---

## Seguimiento continuo

Además, se considera la instalación de un sensor de nivel de agua por humedal que registre en forma continua y transmita mediante telemetría la altura de agua observada en los puntos de mayor profundidad y/o permanencia de cada espejo de agua, así como la conductividad eléctrica.

Para su implementación se propone que se licite un servicio de seguimiento trimestral, que permita disponer de un reporte que sea la base de la toma de decisiones del acuerdo de gestión propuesto en ECO 1.1.

Las etapas son:

- i. Licitación del servicio de seguimiento y monitoreo
- ii. Instalación de sensores de nivel y calidad de aguas
- iii. Seguimiento permanente

La iniciativa es de gestión, y no se tiene una medida -a priori- de la proporción de la brecha hídrica que sea abordada con su implementación. Sin embargo, es crucial que se alcancen estos acuerdos entre sector público y privado, para definir a los humedales como indicadores del estado de cada cuenca.

El seguimiento se debe realizar en los humedales de relevancia identificados en la cuenca: Vegas del Itata, Río Pingueral, Vegas de Coliumo, Rocuant- Andalién y Vasco da Gama.

Para su implementación se propone que se licite un servicio de seguimiento trimestral, que permita disponer de un reporte que sea la base de la toma de decisiones del acuerdo de gestión propuesto en ECO 1.1.

Adicionalmente se propone que se considere el incentivo de programas de ciencia ciudadana que complementen la información recopilada de éstos y otros cuerpos de agua, al mismo tiempo que se aumente la conciencia de las personas sobre el resguardo de los ecosistemas acuáticos.

Las etapas son:

- i. Licitación del servicio de seguimiento y monitoreo
- ii. Instalación de sensores de nivel
- iii. Seguimiento permanente

La iniciativa es de gestión, y no se tiene una medida -a priori- de la proporción de la brecha hídrica que es abordada con su implementación. Sin embargo, es crucial que se alcancen estos acuerdos entre sector público y privado, para definir a los humedales como indicadores del estado de cada cuenca.

### Costo

Para determinar el costo de la iniciativa, se tienen dos partidas de gasto. En primer lugar, se debe instalar un sistema de seguimiento telemétrico para cada uno de los humedales (7) dentro de los dos acuerdos, y en segundo lugar, se deben realizar campañas de seguimiento trimestrales. El detalle se presenta en Tabla 7-17 y la memoria de cálculo en el Anexo J3.

**Tabla 7-17. Estimación de costo de instalación de la telemetría**

| Partida                               | Unidad  | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|---------------------------------------|---------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Seguimiento de niveles con telemetría | Humedal | 7        | 7,6                                | 53,2                            |
| <b>Total</b>                          |         |          |                                    | <b>53,2</b>                     |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7-18. Estimación de costo de una campaña de monitoreo**

| Partida                                 | Alcance                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Seguimiento de perímetro mojado         | Considera un levantamiento del área del humedal mediante dron o similar, la georreferenciación y rectificación de la imagen, y la fotointerpretación respectiva para determinar el perímetro mojado y la evolución de las coberturas vegetacionales en el área aledaña.                               | 3,5                             |
| Seguimiento de niveles de humedal       | Registro de las transmisiones telemétricas, y análisis de éstas                                                                                                                                                                                                                                       | 2,1                             |
| Seguimiento de Calidad de Aguas in situ | Seguimiento in situ de la calidad de agua (oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, pH y temperatura) para al menos 3 puntos dentro de cada humedal                                                                                                                                                 | 2,1                             |
| Seguimiento de niveles de pozos         | Se debe realizar el seguimiento a 5 pozos aledaños a cada humedal, que permitan tener una comprensión de la evolución del acuífero en sus inmediaciones. Este seguimiento se puede realizar en forma manual, o en pozos que estén incluidos dentro del Monitoreo de Extracciones efectivas de la DGA. | 3,5                             |
| Reposición y mantención de telemetría   | Se considera que las estaciones de seguimiento de niveles y telemetría pueden sufrir vandalismo, hurtos o deterioro en el tiempo. por la misma                                                                                                                                                        | 3,3                             |

| Partida      | Alcance                                                                                             | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|              | razón se incluye una partida destinada a la reposición del 25% al año de las estaciones instaladas. |                                 |
| Informe      | Elaboración de informe y otros costos asociados.                                                    | 5,0                             |
| <b>Total</b> |                                                                                                     | <b>19,5</b>                     |

Fuente: Elaboración propia

El seguimiento de niveles consiste en la instalación de un sensor de nivel o profundidad que permita tener un registro horario de la altura del espejo de agua dentro de cada humedal (Tabla 7-18).

**Tabla 7-19. Estimación de costo de Monitoreo**

| Partida                               | Unidad  | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|---------------------------------------|---------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Seguimiento de niveles con telemetría | Humedal | 7        | 7,6                                | 53,2                            |
| Campañas de seguimiento (30 años)     | Campaña | 120      | 19,5                               | 2.340,0                         |
| <b>Total</b>                          |         |          |                                    | <b>2.393,2</b>                  |

Fuente: Elaboración propia

El costo de la iniciativa es de 53,2 millones para la instalación de equipos, y \$78 millones de pesos para el seguimiento anual, por 30 años. El costo total es de \$ 2.393,2 millones de pesos.

#### Ubicación

Si bien la ubicación hace referencia a los humedales Vegas del Itata, Río Pingueral, Vegas de Coliumo, Rocuant- Andalién y Vasco da Gama, la medida se relaciona con la totalidad de la cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo. El seguimiento es de carácter permanente, con cuatro campañas anuales.

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador de la iniciativa es el Ministerio de Medio Ambiente, con financiamiento del Gobierno Regional.



---

### Beneficiarios

No se identificó beneficiarios directos. Los beneficiarios indirectos serían aquellos actores que residen o desarrollan actividades relacionadas con estos humedales, y en un sentido amplio, todos los habitantes de la cuenca.

### Seguimiento y control

El seguimiento a la iniciativa está dado por la ejecución de las campañas de monitoreo, y la operatividad de las estaciones de medición de niveles. La mantención de este seguimiento es clave para la operación del acuerdo de gestión de los humedales de la cuenca.

## **7.1.2.2 ECO 2 – Protección de Ecosistemas Terrestres**

Los ecosistemas terrestres representan parte relevante de las componentes del ciclo hidrológico, y su estado determina la capacidad de acumulación de agua a nivel del suelo, las tasas de recarga de los acuíferos, la velocidad de acumulación del agua en episodios de tormenta funciona como barrera o filtro para retener sedimentos y contaminantes, entre otras interacciones beneficiosas.

En consecuencia, se propone una recuperación de los ecosistemas terrestres como elemento clave de una gestión adecuada del ciclo hidrológico y los servicios ecosistémicos asociados.

### **7.1.2.2.1 ECO 2.1 – Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa**

Esta iniciativa responde a la brecha BECO 3 Pérdida y degradación de vegetación terrestre y se relaciona PRO 2.1 – Mejoras en el acceso al agua en la Agricultura Familiar Campesina.

La justificación de la brecha se tiene en la pérdida registrada de vegetación según los instrumentos de seguimiento a nivel nacional, la que alcanzaría a 1.730 ha en los últimos 20 años. Particularmente, el reemplazo de vegetación nativa por plantaciones forestales o formaciones degradadas o mixtas resulta en la pérdida de servicios ecosistémicos.

### Objetivo y Origen

El propósito de la medida elaborar e implementar un Plan para los Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa (PCCC), que tenga una duración de 10 años.

La medida fue propuesta en los Talleres de Participación Ciudadana y en las mesas de trabajo articuladas con ONGs como Manzana Verde, y con el mismo Territorio Nonguén.



---

### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Los Paisajes de Conservación corresponden a un Territorio que posee un patrimonio natural y valores culturales y paisajísticos asociados de especial interés regional o nacional para su conservación. Delimitado geográficamente incorporando propiedad pública y / o privada, y gestionado a través de un acuerdo de adhesión voluntaria entre los actores locales, en el cual se cumplieron objetivos explícitos para implementar una estrategia consensuada y efectiva de conservación y desarrollo, por medio de actividades que se fundamentan en la protección y puesta en valor del patrimonio, en la vulnerabilidad de éste y en el mejoramiento de la calidad de vida de la población (GEF Paisaje de Conservación de Chiloé)<sup>38</sup>.

El concepto, desarrollado por la División de Recursos Naturales y Biodiversidad del Ministerio del Medio Ambiente, ha sido implementado con anterioridad en las regiones de Los Ríos y Metropolitana de Santiago, liderado por los municipios de Los Lagos – Máfil y Alhué, respectivamente. Asimismo, se está implementando el modelo en la región de Los Lagos, apoyado por la SEREMI de Medio Ambiente y el Gobierno Regional, encabezado por las comunas de Ancud y Dalcahue, con financiamiento del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). Dentro del área del proyecto GEF Montaña se están iniciando tres Paisajes de Conservación, involucrando a siete municipios (GEF Montaña)<sup>39</sup>.

Adicionalmente, el Paisaje de Conservación Territorio Nonguén<sup>40</sup> se superpone parcialmente con la superficie de la cuenca, por lo que pudiera considerarse como una experiencia piloto sobre la cual proyectar una mirada más amplia a la Cordillera de la Costa al norte del Biobío. Se debe considerar en forma explícita la sinergia y proyección del paisaje de Nonguén con el paisaje propuesto.

Finalmente, esta iniciativa es consistente con el Plan Nacional de Restauración de Paisajes (MMA, MINAGRI y CONAF, 2021).

En lo principal, se espera que el PCCC defina estrategias e indicadores ecosistémicos para el manejo de las cuencas de la Cordillera de la Costa, incorporando elementos de la ecología del paisaje y una cuantificación a nivel de capital natural de los servicios ecosistémicos. De esta forma, será posible definir indicadores y metas para la gestión conjunta. Por ejemplo, se pueden alcanzar acuerdos para continuidad de vegetación nativa en el borde de quebradas y ríos, incorporar elementos ecosistémicos en el manejo de plantaciones forestales, o una gestión basada en los humedales costeros como bioindicadores. Sin embargo, será el consejo del PCCC quien defina estos alcances.

---

<sup>38</sup> Revisado en <https://paisajechiloe.mma.gob.cl/>

<sup>39</sup> Revisado en <https://gefmontana.mma.gob.cl/>

<sup>40</sup> Revisado en <https://territoriononguen.cl/>

Deben participar del PCCC los actores públicos y privados de la cuenca. A nivel público, tanto el gobierno central representado y los servicios públicos, así como el gobierno local a nivel de Gobernación regional y municipios. A nivel privado, es imprescindible que participe la Corporación Chilena de la Madera (en representación de las empresas forestales), los propietarios de los terrenos, la sociedad civil, centros de estudio y organizaciones no gubernamentales.

Para la formulación del PCCC se requiere, en primer lugar, el concurso de los distintos actores territoriales de la cuenca. En general ha sido liderado por el Ministerio de Medio Ambiente, con cofinanciamiento internacional. En este caso, se propone la siguiente hoja de ruta para su desarrollo:

- Constitución de una mesa de trabajo público privada para el desarrollo de una propuesta de trabajo y solicitudes de financiamiento
- Elaboración de una gobernanza de partida para el PCCC
- Definición de un plan de trabajo sobre la base de las capacidades de los actores locales y fuertemente respaldado en el compromiso de cada uno de ellos.
- Definición de una estrategia para contar con recursos adicionales (fondos internacionales), que permita realizar estudios adicionales o reducir los tiempos de implementación de ciertas tareas.

Si bien es deseable contar con financiamiento internacional, el PCCC de ninguna forma debe estar condicionado. En un sentido amplio, la gestión del territorio con objetivos ecosistémicos podría caber dentro del concepto de Transición Ecológica.

#### Costo

El costo de la iniciativa se refiere a dos partidas, por un lado, se toma una consultoría de coordinación para la constitución del Paisaje de Conservación. Por el otro, se provisionó de manera referencial un monto para establecer incentivos a la ordenación forestal y manejo de cauces naturales, incluyendo protección de humedales (Tabla 7-20).

**Tabla 7-20. Estimación de costo para el PCCC**

| Partida                                  | Unidad | Cantidad | Costo individual<br>Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|------------------------------------------|--------|----------|-------------------------------------|---------------------------------|
| Coordinación del Paisaje de Conservación | años   | 10       | 150,0                               | 1.500,0                         |
| Incentivos al manejo de cauces           | km     | 112      | 8,7                                 | 8.478,1                         |
| <b>Total</b>                             |        |          |                                     | <b>9.978,1</b>                  |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

El PCCC comprende toda la cuenca, y bien pudiera extenderse al norte o al sur de esta.



---

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el mediano plazo.

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador es el Ministerio de Medio Ambiente. El financiamiento debe provenir del Gobierno Regional para la coordinación, y de organismos sectoriales (CONAF) para los incentivos a la recuperación del territorio.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

#### Seguimiento y control

El seguimiento está dado por la constitución del PCCC, así como la contabilidad de la superficie gestionada, y la evolución de los indicadores ecosistémicos.

#### **7.1.2.2.2 ECO 2.2 – Estudio para la Protección de fuentes de agua**

Esta iniciativa responde a la brecha BECO 4 Pérdida y degradación de vegetación terrestre y a BECO 5 Extracción de Turberas y Pomponales. La justificación de la brecha se tiene en la pérdida registrada de vegetación según los instrumentos de seguimiento a nivel nacional, la que alcanzaría a 1.730 ha, y la presión y conflicto que existe respecto de la extracción de turberas y pomponales.

#### Objetivo y Origen

El propósito de la medida es identificar las zonas de protección de fuentes de agua dentro de cada cuenca, entendidas como la porción de la cuenca que abastece directamente a puntos de extracción de agua para consumo humano, ecosistemas acuáticos relevantes o actividades productivas.

La medida fue recopilada de las actividades de participación ciudadana.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La iniciativa corresponde a la realización de un estudio de servicios ecosistémicos de la cuenca, y en particular, de los sectores de cada cuenca que cumplen un rol relevante en el funcionamiento local del ciclo hidrológico, ya sea mediante servicios de aprovisionamiento agua para consumo humano o productivo (servicios de aprovisionamiento), o para la mantención de la calidad de agua y de ecosistemas acuáticos (servicios de regulación).

Para esto se propone un estudio a nivel de cuenca que identifique:

1. Los puntos de demanda de agua para consumo humano, ecosistemas acuáticos y actividades productivas. Se debe trabajar con el mayor detalle posible,



incorporando fuentes de agua para sectores urbanos, para SSR, y de viviendas aisladas en caso de ser posible.

2. La microcuenca o acuífero aportante, y los puntos de recarga o recolección de agua que permiten mantener la oferta de agua en cantidad y calidad
3. Los ecosistemas terrestres y acuáticos que forman parte de cada microcuenca, y su rol en la regulación del ciclo hidrológico a nivel local. En este caso, se debe clasificar los servicios ecosistémicos de aprovisionamiento y regulación en función de las fuentes identificadas. Se espera que el servicio sea cuantificado.
4. Evaluación económica de la protección de las fuentes de agua en función del servicio ecosistémico asociado. Se propone para revisión la metodología de capital natural.

El estudio debe generar un indicador o cuantificación de los servicios ecosistémicos -con énfasis en la provisión de agua y regulación de calidad- con el propósito de identificar aquellas zonas que debieran contar con algún nivel de protección dentro de futuros instrumentos de planificación territorial, y que en el caso que se encuentren deterioradas, sean incorporadas dentro de las zonas a recuperar consideradas por las iniciativas ECO 2.3 y ECO 2.4. Además, debe servir como insumo para la elaboración de instrumentos de ordenamiento territorial, los Planes de Acción de Cambio Climático y el Plan Estratégico de Recursos Hídricos por Cuenca.

Las etapas de desarrollo son:

- a) Definición de bases de licitación
- b) Elaboración de estudio de protección de fuentes de agua
- c) Difusión del estudio como insumo a otros instrumentos

#### Costo

Para estimar el costo del estudio, se incluyeron las partidas principales y se estimó el costo de horas profesionales asociada a los estudios a realizar (Tabla 7-22). El costo total del estudio es de \$370 millones de pesos, y una duración de 12 meses.

**Tabla 7-21. Estimación de costo de Estudio de Protección de Fuentes de Agua**

| Partida                                                                    | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(millones de \$) | Costo Total<br>(millones de \$) |
|----------------------------------------------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Levantamiento de información (actualización mediante imágenes satelitales) | Hp     | 2.000    | 0,05                               | 100                             |

| Partida                                       | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(millones de \$) | Costo Total<br>(millones de \$) |
|-----------------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Identificación de fuentes de agua             | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Identificación de servicios ecosistémicos     | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Valoración de servicios ecosistémicos         | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Trabajos de terreno y otros costos materiales | mes    | 12       | 10                                 | 120                             |
| <b>Total</b>                                  |        |          |                                    | <b>370</b>                      |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

El estudio se debe realizar a nivel de cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo, antes de 5 años. El estudio tiene una duración de 12 meses.

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador es el Ministerio del Medio Ambiente.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos el total de los habitantes de la cuenca, ya que reciben las contribuciones de la naturaleza (servicios ecosistémicos).

#### Seguimiento y control

El seguimiento a la iniciativa está dado por la ejecución del estudio y la difusión de sus resultados.

Los hitos son la licitación del estudio, la aprobación del informe final y su puesta a disposición de otros servicios públicos.

#### **7.1.2.2.3 ECO 2.3 – Restauración de Ecosistemas Terrestres**

Esta iniciativa responde a la brecha BECO 4 Pérdida y degradación de vegetación terrestre. La justificación de la brecha se tiene en la pérdida registrada de vegetación según los instrumentos de seguimiento a nivel nacional, la que alcanzaría a 1.730 ha en los últimos 20 años.



---

### Objetivo y Origen

El propósito de la medida es recuperar la cobertura de bosque nativo y matorral arborescente a la superficie estimada en el año 2001, lo que implica realizar acciones para la recuperación al mismo tiempo que se debe controlar los factores de pérdida y degradación de la vegetación.

La medida fue propuesta por el equipo consultor a partir de experiencias previas.

### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La iniciativa considera la recuperación de 1.730 ha de vegetación de bosque nativo que se ha perdido en los últimos 20 años en la cuenca, al mismo tiempo que se espera controlar los factores que operan sobre la degradación y deforestación, conteniendo la disminución de la vegetación y recuperando coberturas estimadas para el año 2000.

En particular, se propone recuperar parte de las cabeceras de agua, entendidas como la porción de la cuenca donde se produce la recarga de acuíferos, así como recarga de agua en el suelo. La idea es utilizar el suelo como un almacenamiento temporal de agua, y aprovechar los flujos base.

Se propone como estrategia una restauración pasiva de estos ecosistemas, que requiere de "la determinación, contención o eliminación de los factores limitantes que impiden la regeneración natural y a su vez conocer las condiciones de sitio que aumenten su probabilidad de éxito" (CONAF, 2010)<sup>41</sup>. Para esto, se requiere de una evaluación de aquellos sectores que tienen potencial de restauración (los que no necesariamente deben coincidir con los sectores intervenidos).

Una alternativa a considerar son ecosistemas mixtos, de especies nativas con exóticas, que provean tanto continuidad de los espacios naturales como valor económico para los propietarios.

Las etapas de desarrollo son:

- a) Evaluación de superficies potenciales
- b) Establecimiento de incentivos a la forestación

### Costo

Para estimar el costo de reforestación de 1,0 ha (que sería el costo máximo), se tomó como referencia el documento: "Evaluación de técnicas pasivas y activas para la recuperación del bosque esclerófilo de Chile central" (Becerra *et al*, 2018) (Tabla 7-22 y Tabla 7-23). El

---

<sup>41</sup> CONAF, 2010. "Implementación de un estudio a largo plazo del potencial de restauración pasiva del bosque esclerófilo de Chile central". Proyecto 058/2010

manejo propuesto es básico, pudiendo amplificarse por 3 y hasta 4 veces los costos en función del riego posterior.

**Tabla 7-22. Estimación de costo de forestación de bosque nativo (referencial)**

| Partida                                                                                                                                                                          | \$/planta | Plantas/ha   | Total (\$/ha)    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------|------------------|
| Costo tratamiento de policarbonato: Incluye compra de plantas, flete plantas, construcción cerco, mantención de cerco perimetral, hoyadura, plantación, aplicación policarbonato | 3.438     | 400          | 1.375.200        |
| Riego (2 veces por Verano)                                                                                                                                                       | 2.000     | 400          | 800.000          |
|                                                                                                                                                                                  |           | <b>Total</b> | <b>2.175.200</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7-23. Estimación de costo de restauración de ecosistemas terrestres**

| Partida                      | Superficie (ha) | Costo (Millones \$/ha) | Total (Millones \$) |
|------------------------------|-----------------|------------------------|---------------------|
| Reforestación / restauración | 1.730           | 2,2                    | 3.806               |
|                              |                 | <b>Total</b>           | <b>3.806</b>        |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

La ubicación de la superficie a recuperar es variable, y dependerá de la focalización de los subsidios.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el mediano plazo. El acompañamiento previsto es de 10 años.

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador es la Corporación Nacional Forestal.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos el total de los habitantes de la cuenca, ya que reciben las contribuciones de la naturaleza (servicios ecosistémicos).

#### Seguimiento y control

El seguimiento a la iniciativa está dado por el número de iniciativas a escala territorial efectivamente implementadas.

---

Los hitos son: Evaluación de superficies potenciales y Establecimiento de incentivos a la forestación.

#### **7.1.2.2.4 ECO 2.4 – Recuperación de suelos degradados**

Esta iniciativa responde a la brecha BECO 4 Pérdida y degradación del suelo y no se relaciona con otras iniciativas del Plan.

La brecha determinó que el total de la superficie con erosión severa o muy severa es del 4,3% de la cuenca (6.459 ha). Es decir, que el 95,7% de la superficie de la cuenca cuenta con suelos en condición de erosión moderada o inferior.

##### Objetivo y Origen

El propósito de la medida es recuperar la mitad de la superficie de la cuenca que se encuentra en categoría de erosión severa o muy severa, equivalente a 6.459 ha, en un plazo de 10 años. La medida resulta del proceso de participación ciudadana.

##### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La restauración de suelos contribuye a frenar los procesos erosivos, y posteriormente recuperar capas de vegetación, captura de carbono e infiltración de agua, similar al proceso de la fase de restauración pasiva. De esta manera, se favorece el almacenamiento de agua a nivel del suelo, recomponiendo los flujos base del ciclo hidrológico.

El Programa de Recuperación de Suelos Degradados es un instrumento de fomento del Ministerio de Agricultura, establecido por la Ley N°20.412 de 2010 por un lapso de 12 años, contados desde la vigencia de la Ley. El Programa es coordinado por la Subsecretaría de Agricultura y ejecutado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) y el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). Su objetivo es recuperar el potencial productivo de los suelos agropecuarios degradados y mantener los niveles de mejoramiento alcanzado. Está dirigido a todos los productores agrícolas del país (personas naturales o jurídicas), sean propietarios, arrendatarios, comodatarios, usufructuarios o medieros, que cumplan con los requisitos establecidos en la Ley N°20.412, su reglamento y las bases de sus respectivos concursos públicos.

Si bien es un programa con foco productivo, dentro de las actividades susceptibles de bonificación se encuentra el “Establecimiento de una cubierta vegetal en suelos descubiertos o con cobertura deteriorada: su objetivo es el establecimiento o regeneración de una cubierta vegetal permanente en suelos degradados, así como también mantener los niveles recuperados”.

Se espera que en el mediano plazo (10 años), la iniciativa contrarreste la mitad de la brecha identificada, y sirva de modelo de gestión para otros procesos similares.



---

La iniciativa cuenta con una sola etapa, que consiste en la identificación de propietarios y la entrega de los incentivos para la recuperación de los suelos degradados.

#### Costo

El costo promedio de las solicitudes de bonificación del SIRSD es de \$195.356/ha<sup>42</sup>, por lo que el costo total de la iniciativa para recuperar las 6.459 ha degradadas identificadas es de **\$1.262 millones de pesos**.

#### Ubicación

La ubicación de las superficies a recuperar debe ser definida por la entidad responsable del proyecto, en conjunto con los usuarios interesados.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto y mediano plazo (10 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador es el Servicio Agrícola y Ganadero y su programa de Restauración de Suelos Degradados. El financiamiento es público de carácter sectorial.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

#### Seguimiento y control

Para el seguimiento se debe verificar la superficie efectivamente bonificada para la restauración de suelos degradados.

El hito identificado es la entrega de bono de recuperación de suelos degradado.

### **7.1.3 Seguridad Hídrica para el Desarrollo Productivo**

Las actividades productivas que dependen de la provisión de agua en la cuenca corresponden principalmente al desarrollo agrícola, y en menor medida la minería, ya que esta actividad ha reemplazado las fuentes de agua que se encuentran dentro de la cuenca por otras alternativas en la cuenca. La Tabla 7-24 presenta las iniciativas y las brechas a las cuales responden.

---

<sup>42</sup> Informado por profesionales del Servicio Agrícola y Ganadero de la región del Maule, en reunión de coordinación.

**Tabla 7-24. Iniciativas de Seguridad Hídrica del Desarrollo Productivo**

| Iniciativa                                                    | Brecha                                                                     |
|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>PRO 1 – Resguardo de la Agricultura Familiar Campesina</b> |                                                                            |
| PRO 1.1 – Resguardo de la Agricultura Familiar Campesina      | BPRO 1 Adaptación de la Agricultura Familiar Campesina al cambio climático |

Fuente: Elaboración propia

### **7.1.3.1 PRO 1 – Resguardo de la Agricultura Familiar Campesina**

#### **7.1.3.1.1 PRO 1.1 – Adaptación de la Agricultura Familiar Campesina al cambio climático**

Esta iniciativa responde a la brecha BPRO 5 Vulnerabilidad de la Agricultura Familiar Campesina. La medida se beneficia de la implementación de EXT 1.1. Se estimó que los usuarios que califican dentro del segmento de Agricultura Familiar Campesina corresponden a explotaciones inferiores a 10,0 ha, los que equivalen a 3.903 usuarios, con una superficie promedio de 2,94 ha cada una. Se estima que este grupo es altamente vulnerable a las variaciones en la disponibilidad de agua.

#### Objetivo y Origen

El propósito de la medida es mejorar la seguridad hídrica de los usuarios que califican dentro del segmento de agricultura familiar campesina.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida consiste en la focalización de la inversión para unidades productivas que califiquen como Agricultura Familiar Campesina, con el propósito de adaptarlos para las variaciones en la oferta de agua que pudieran estar asociadas al cambio climático.

Se propone un proyecto tipo, el que considera los siguientes elementos: mejoramiento del pozo o captación, disposición de un estanque australiano o similar para 5.000 m<sup>3</sup>, invernadero o estructura de protección de cultivos, asociado a un sistema de riego tecnificado. La solución puede variar según los casos, y según la experiencia en la implementación.

#### Costo

El costo promedio por solución es de \$20 millones de pesos, el cual puede variar caso a caso. Si se considera entregar una solución a 976 usuarios (25% del total), el costo total de la medida es de \$ 19.515 millones de pesos.

**Tabla 7-25. Estimación de costos de una solución individual**

| Partida                        | Unidad         | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|--------------------------------|----------------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Estanque australiano o similar | Estanque       | 1        | 3                                  | 3                               |
| Invernadero o similar          | m <sup>2</sup> | 100      | 0,1                                | 10                              |
| Riego tecnificado              | gl             | 1        | 3                                  | 3                               |
| Mejoramiento de pozo           | gl             | 1        | 4                                  | 4                               |
| <b>Total</b>                   |                |          |                                    | <b>20</b>                       |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

No existe una ubicación definida, ya que los usuarios se distribuyen en toda la cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto y mediano plazo (10 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

El organismo formulador e implementador es el Instituto de Desarrollo Agropecuario. El financiamiento es público y de carácter sectorial.

#### Beneficiarios

El beneficio está pensado para 976 usuarios de la cuenca.

#### Seguimiento y control

El seguimiento de la iniciativa corresponde a la verificación del número de beneficiarios que efectivamente recibieron apoyo para la implementación de una solución predial.

### **7.1.4 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos**

Se consideran dos medidas dentro del eje estratégico de Eventos Extremos y Contaminación, las que se presentan en la Tabla 7-26.

**Tabla 7-26. Iniciativas de Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos**

| Iniciativa                                                            | Brecha                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| <b>EXT 1 – Reducción de la exposición ante incendios forestales</b>   |                                                                          |
| EXT 1.2 – Propuesta de instrumentos de adaptación al cambio climático | BEXT 1 Insuficiencia de mecanismos de respuesta ante el cambio climático |
| EXT 1.1 – Reducción de la exposición ante incendios forestales        | BEXT 2 Elevado Riesgo de Incendios Forestales                            |

Fuente: Elaboración propia



---

#### **7.1.4.1 EXT 1 – Reducción de la exposición ante el cambio climático**

La reducción de la exposición al cambio climático considera la revisión de los instrumentos de adaptación que van en apoyo de los pequeños productores, y de la exposición a los incendios forestales.

##### **7.1.4.1.1EXT 1.1 – Propuesta de Instrumentos de adaptación ante el cambio climático**

Esta iniciativa responde a la brecha BEXT 1 Insuficiencia de mecanismos de respuesta ante la escasez hídrica. La medida debe facilitar la implementación de PRO 1.1

La brecha señala que si bien las declaraciones de emergencia agrícola son recientes en la cuenca, en otros territorios se ha observado como éstas se suceden en el tiempo. En este sentido, los instrumentos de subsidio que se disponen no disponen de capacidad de reconocer el efecto acumulativo de emergencias agrícolas sucesivas, ni tampoco de anticiparse a los decretos siguientes.

##### Objetivo y Origen

El propósito de la medida es el desarrollo de instrumentos de adaptación a la condición escasez que potencialmente podrían afectar en forma recurrente a la cuenca. La medida es propuesta por el Plan Estratégico.

##### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida consiste en la propuesta de instrumentos permanentes de adaptación a la condición de escasez. En muchos territorios, tras una década de emergencia hídrica y pérdida de fuentes naturales, la producción agrícola se ha ido adaptando a esta situación (en parte sobre la base de mala adaptación, que en este caso corresponde al uso irregular de las aguas subterráneas), por lo que en parte se ha descapitalizado (en distintas dimensiones, humana, económica e incluso a nivel de capital natural), y las acciones de adaptación deben partir desde esta nueva normalidad. Si bien en la cuenca no se ha experimentado este proceso, o al menos no con esta intensidad, se estima que es necesario anticiparse y modernizar los instrumentos de apoyo disponibles.

Para esto, se propone el desarrollo de un estudio de la nueva normalidad, su proyección en el tiempo, y que se redefinan las políticas locales de apoyo a los actores locales -no sólo en el ámbito productivo- con el propósito de enfocarse en la resiliencia, desarrollo de capacidades de adaptación y corrección de vulnerabilidades. En este caso, se propone poner énfasis en los instrumentos de tipo preventivo, y no en los instrumentos reactivos (como los subsidios que se producen una vez que se decreta emergencia agrícola).



Adicionalmente, este análisis debe estar relacionado con los nuevos instrumentos de la Ley Marco de Cambio Climático (junio de 2022), que define 11 planes sectoriales (dentro de los que se encuentran los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos por cuenca, PERHC; además de instrumentos nacionales (Plan de Acción Nacional de Cambio Climático), regionales (Plan de Acción Regional de Cambio Climático, PARCC) y comunales (Plan de Acción Comunal de Cambio Climático, PACCC). A nivel regional se definen los Consejos Regionales de Cambio Climático (CORECC).

#### Costo

Según se tiene de la Tabla 7-27, se estimó el costo de la iniciativa en **\$250 millones de pesos** y una duración de 18 meses.

**Tabla 7-27. Estudio de eficacia de instrumentos de gestión de eventos extremos**

| Partida                                                                   | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|---------------------------------------------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Diagnóstico BREVE de la situación actual                                  | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Evaluación de vulnerabilidades y necesidades de adaptación                | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Evaluación de la efectividad de los instrumentos preventivos (pre crisis) | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Evaluación de la efectividad de los instrumentos reactivos (post crisis)  | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Propuesta de ajuste a los instrumentos de gestión de la adaptación        | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| <b>Total</b>                                                              |        |          |                                    | <b>250</b>                      |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

Medida a nivel de cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo (5 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

La institución responsable es el Gobierno Regional, y el financiamiento es regional.

#### Beneficiarios

Pequeños agricultores de la cuenca.



---

### Seguimiento y control

El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente.

#### **7.1.4.1.2EXT 1.2 – Reducción de la exposición ante incendios forestales**

Esta iniciativa responde a la brecha BEXT 2 Elevado Riesgo de Incendios Forestales.

La brecha se justifica en el aumento esperado en el riesgo de incendios forestales, producto del aumento de temperaturas asociado al cambio climático, lo que se potencia con la alta presencia de plantaciones forestales.

#### Objetivo y Origen

El propósito de la medida es la incorporación del riesgo de incendios forestales dentro de los servicios ecosistémicos a considerar en los Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa.

El origen de la medida es propuesto por la consultora, a partir de las observaciones registradas en las actividades de participación ciudadana.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida consiste en la incorporación del riesgo de incendios forestales a escala local como un indicador a considerar dentro de los Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa. De esta forma, se privilegiará la disposición de acciones para reducir el riesgo o la sensibilidad.

Las acciones para incorporar pasan por el manejo de material combustible, quemas preventivas, franjas cortafuegos, manejo de líneas eléctricas, anillos de protección en torno a zonas pobladas y otras zonas sensibles, entre otras.

Para su implementación se requiere:

- a) Formulación de indicadores para determinar el riesgo de incendios a nivel local
- b) Definición de acciones para gestionar el riesgo
- c) Implementación de las acciones

#### Costo

No se incorpora costo para esta iniciativa pues se considera que forma parte de los acuerdos a alcanzar dentro del Paisaje de Conservación.

#### Ubicación

Toda la cuenca.

---

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el mediano plazo (10 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

La institución responsable es el MMA, como coordinador del PCCC.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

#### Seguimiento y control

El seguimiento consiste en la verificación de la incorporación de estas acciones dentro del PCCC.

### **7.1.5 Gestión Institucional**

La gestión institucional apunta principalmente, aunque no en forma exclusiva, a las acciones e iniciativas que son responsabilidad de la Dirección General de Aguas. Se abordó aspectos de información sobre los recursos hídricos, fiscalización, y relación con las Organizaciones de Usuarios de Agua. La Tabla 7-28 presenta las líneas de acción e iniciativas asociadas.

**Tabla 7-28. Iniciativas de Gestión institucional**

| Iniciativa                                                                        | Brecha                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>GES 1 - Generación de Información</b>                                          |                                                                            |
| GES 1.1 – Determinación de caudal ecológico y ambiental en humedales de la cuenca | BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica |
| GES 1.2 – Nuevas estaciones para la red hidrométrica                              | BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica |
| GES 1.3 - Estudio de alternativas de modelación hidrológica e hidrogeológica      | BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica |
| <b>GES 2 – Derechos de Aprovechamiento de Agua</b>                                |                                                                            |
| GES 2.1 – Saneamiento y regularización de derechos de aprovechamiento de aguas    | BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica |
| <b>GES 3 – Fiscalización</b>                                                      |                                                                            |
| GES 3.1 – Mejoras en las capacidades de fiscalización                             | BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica |

Fuente: Elaboración propia

---

#### 7.1.5.1 GES 1: Generación de Información

Esta Línea de Acción contiene iniciativas asociadas a la generación de información específica, adicional y complementaria a la que se dispone actualmente a nivel regional. Las fuentes correspondientes son tanto nuevas estaciones de medición en terreno, como coordinación interna, y estudios específicos.

##### 7.1.5.1.1 GES 1.1 – Determinación de caudal ecológico y ambiental en humedales de la cuenca

Esta iniciativa responde a la brecha BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica.

La brecha señala que no se dispone de información necesaria sobre los caudales ecológicos en los humedales de la cuenca, requeridos para la aplicación del artículo 129 bis 1 del Código de Aguas.

##### Objetivo y Origen

El propósito de la medida es el desarrollo de un estudio técnico que establezca los caudales ecológicos -si corresponde- y la interacción río acuífero en los humedales costeros de la cuenca: Vegas del Itata, Río Pingueral, Vegas de Coliumo, Rocuant- Andalién y Vasco da Gama.

La iniciativa surge a partir del trabajo con la Dirección General de Aguas regional.

##### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Se propone un estudio técnico que establezca los caudales ecológicos -si corresponde- y la interacción río acuífero en los humedales costeros de la cuenca: Vegas del Itata, Río Pingueral, Vegas de Coliumo, Rocuant- Andalién y Vasco da Gama.

Para esto se requiere un análisis detallado de las precipitaciones y los caudales observados en cada acuífero. Se propone una evaluación de la calidad de las aguas y la proporción de aguas superficiales y subterráneas en el espejo de agua de cada humedal.

##### Costo

Según se tiene de la Tabla 7-29, se estimó el costo de la iniciativa en **\$100 millones de pesos** y una duración de 12 meses.

**Tabla 7-29. Estudio de Caudal Ecológico en humedales costeros**

| Partida                                         | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|-------------------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Estudio de caudales superficiales               | Hp     | 600      | 0,05                               | 30                              |
| Interacción río acuífero                        | Hp     | 600      | 0,05                               | 30                              |
| Estimación de caudales ecológicos / ambientales | Hp     | 800      | 0,05                               | 40                              |
|                                                 |        |          | <b>Total</b>                       | <b>100</b>                      |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

Humedales costeros de la cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo (5 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

La institución responsable es la Dirección General de Aguas regional, y se espera que la iniciativa sea financiada por el Gobierno Regional.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

#### Seguimiento y control

El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente.

#### **7.1.5.1.2 GES 1.2 – Nuevas estaciones de la red hidrométrica**

Esta iniciativa responde a la brecha BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica e hidrogeológica.

La brecha se justifica en la falta de información continua en el tiempo de los acuíferos representativos de la cuenca (Pingueral y Andalién), así como ausencia de información de caudales en el río Pingueral. Sin información, no es posible realizar un seguimiento a la evolución de estas fuentes naturales.

#### Objetivo y Origen

La iniciativa surge a partir de las brechas identificadas por la Dirección General de Aguas regional.

---

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Se propone la instalación de dos pozos de seguimiento de niveles de aguas subterráneas en los SHAC de Pingueral y Andalién, los que permitan comprender la evolución de las aguas subterráneas y su relación con los humedales costeros; junto con una nueva estación fluviométrica en el tramo bajo del río Pingueral, con el propósito de mejorar la comprensión de esta cuenca.

#### Costo

Según se tiene de la Tabla 7-30, se estimó el costo de la iniciativa en **\$45 millones de pesos** y una duración de 6 meses.

**Tabla 7-30. Estudio de Caudal Ecológico en humedales costeros**

| Partida                                                                   | Unidad   | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|---------------------------------------------------------------------------|----------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Nuevos puntos de seguimiento de aguas subterráneas (Andalién y Pingueral) | pozo     | 2        | 100                                | 200                             |
| Nuevas estaciones fluviométricas (Pingueral)                              | estación | 1        | 30                                 | 30                              |
|                                                                           |          |          | <b>Total</b>                       | <b>230</b>                      |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

La medida se ubica en los SHAC de Pingueral y Andalién, y en tramo bajo del río Pingueral.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo (5 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

La institución responsable es la unidad de Hidrología de la Dirección General de Aguas regional, el financiamiento es sectorial.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

#### Seguimiento y control

El seguimiento consiste en la verificación de la instalación de las nuevas estaciones de monitoreo.

#### 7.1.5.1.3 GES 1.3 – Estudio de alternativas de modelación hidrológica e hidrogeológica

Esta iniciativa responde a la brecha BGES 1 Deficiencias en la generación y análisis de información hidrológica e hidrogeológica.

La brecha se justifica en las limitaciones del modelo hidrológico seleccionado (WEAP) para una mejor descripción de la relación Suelo – Agua – Planta, la que es particularmente relevante en cuencas con predominio de plantaciones forestales.

##### Objetivo y Origen

El objetivo es promover la incorporación de distintos tipos de modelos hidrológicos en la evaluación de cuencas cuyos usos principales del agua corresponden a usos in situ, como es el caso de las plantaciones forestales.

La iniciativa surge a partir de las observaciones del proceso de participación ciudadana.

##### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida consiste en la realización de un estudio comparado de resultados de modelación hidrológica e hidrogeológica de la cuenca bajo distintos supuestos:

1. Modelación de la cuenca de software alternativos, como SWAT u otros
2. Comparación de resultados a nivel de balance y precisión
3. Evaluación de escenarios de cobertura vegetal

A partir del estudio, se espera determinar, por un lado, los software que serían apropiados para cuencas en cuyo uso principal del agua no está asociado a los cauces principales, y replicarlo en otras cuencas del país. Por el otro, comprender como se debiera realizar un ordenamiento territorial en función de la protección de las fuentes de agua.

##### Costo

Según se tiene de la Tabla 7-30, se estimó el costo de la iniciativa en **\$200 millones de pesos** y una duración de 6 meses.

**Tabla 7-31. Estudio de alternativas de modelación**

| Partida                        | Unidad   | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|--------------------------------|----------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Calibración de SW alternativos | Software | 2        | 50                                 | 100                             |
| Evaluación de escenarios       | global   | 1        | 100                                | 100                             |
|                                |          |          | <b>Total</b>                       | <b>200</b>                      |

Fuente: Elaboración propia





---

#### Ubicación

La medida aplica a toda la cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo (5 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

La institución responsable es el Departamento de Estudios y Proyectos de la Dirección General de Aguas regional, el financiamiento es sectorial.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

#### Seguimiento y control

El seguimiento consiste en la verificación de la instalación de las nuevas estaciones de monitoreo.

### **7.1.5.2 GES 2: Derechos de Aprovechamiento de Agua**

#### **7.1.5.2.1 GES 2.1 – Saneamiento y regularización de derechos de aprovechamiento de aguas**

Esta iniciativa responde a la brecha BGES 2 Deficiencias en el estado de los derechos de aprovechamiento de agua.

La brecha se justifica en la baja tasa de inscripción de derechos de aprovechamiento de agua observada en la cuenca.

#### Objetivo y Origen

El propósito de la medida es promover un mejoramiento de la situación legal de los derechos de aprovechamiento de agua de la cuenca, los que en muchos casos se encuentran asociados a una condición de subsistencia, sin embargo, otros sobrepasan este umbral y pasan al ámbito productivo, y deben ser inscritos para su resguardo y su control.

La iniciativa surge a partir del trabajo con la Dirección General de Aguas regional.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida tiene dos partes principales.

Por un lado, es necesario realizar una campaña o proceso de saneamiento de títulos y así apoyar a los usuarios en la regularización de derechos de aprovechamiento de aguas a nivel

de cuenca. Actualmente se cuenta con 349 derechos inscritos en la cuenca, y en forma muy preliminar se estima que la cifra pudiera ser un 50% superior. Es decir, se deben incorporar 175 nuevos derechos.

Adicionalmente, las modificaciones legales que ha experimentado el Código de Aguas hacen necesario que se realice una difusión de los alcances de la reforma al CDA, ya que existe un gran desconocimiento por parte de los usuarios en el deber que tienen de terminar con el proceso de inscripción de su derecho, ya que muchos consideran la Resolución aprobatoria como producto final en la tramitación de sus solicitudes y no contemplan la inscripción conservatoria y posterior registro en el Catastro Público de Aguas. Esta campaña de difusión debe considerar la elaboración de material impreso, difusión radial, cápsulas de video informativas para distribuir por redes sociales y la realización de a lo menos unos 4 seminarios en localidades relevantes (Florida, Rafael, tomé y Concepción).

#### Costo

Según se tiene de la Tabla 7-32 y Tabla 7-33 se estimó el costo de la iniciativa en **\$206 millones de pesos** y una duración de 18 meses.

**Tabla 7-32. Campaña de Difusión**

| Partida                               | Unidad    | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|---------------------------------------|-----------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Material gráfico (trípticos)          | Tríptico  | 1.000    | 0,001                              | 1,0                             |
| Material para redes sociales (videos) | Video     | 5        | 4,0                                | 20,0                            |
| Radiodifusión                         | Menciones | 1.000    | 0,005                              | 5,0                             |
| Seminarios de difusión                | Seminario | 4        | 3,0                                | 12,0                            |
| <b>Total</b>                          |           |          |                                    | <b>38,0</b>                     |

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7-33. Programa de Inscripción de derechos de aprovechamiento**

| Partida                               | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|---------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Catastro de derechos en CBR           | Hp     | 300      | 0,05                               | 15,0                            |
| Catastro de usuarios en el territorio | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50,0                            |
| Coordinación de inscripciones         | Hp     | 1.750    | 0,05                               | 87,5                            |
| Costos legales y administrativos      | DAA    | 175      | 0,1                                | 17,5                            |
| Costos Operacionales                  | Mes    | 18       | 2                                  | 36,0                            |
| <b>Total</b>                          |        |          |                                    | <b>206,0</b>                    |

Fuente: Elaboración propia



---

#### Ubicación

La medida aplica nivel de cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo (5 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

La institución responsable es la Dirección General de Aguas regional, y se espera que la iniciativa sea financiada por el Gobierno Regional.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios directos aquellos usuarios informados por la campaña propuesta.

#### Seguimiento y control

El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución de la campaña de información.

### **7.1.5.3 GES 3: Fiscalización**

#### **7.1.5.3.1 GES 3.1 – Mejoras en las capacidades de fiscalización**

Esta iniciativa responde a la brecha BGES 3 Deficiencias en la fiscalización de usos irregulares del agua.

La brecha se justifica en la necesidad de aumentar las capacidades de fiscalización y la coordinación con otros actores locales.

#### Objetivo y Origen

El propósito de la medida es mejorar las capacidades de fiscalización a nivel regional mediante a través de estudios de demanda y autorizaciones de uso, así como mediante una mejor coordinación con otros actores locales.

La iniciativa surge a partir del trabajo con la Dirección General de Aguas regional.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

La medida consta de dos partes.

Por un lado, se propone potenciar el plan de fiscalización que actualmente Fiscalización NC está aplicando sobre la base de información recopilada desde fuentes satelitales que permite identificar ciertos parámetros de interés. Lo anterior, permite contar eventualmente con mayores antecedentes sobre inconsistencias entre los usos del agua y

las autorizaciones respectivas. En concreto, los antecedentes de uso del agua cruzados con los derechos de aprovechamiento disponibles permitirían identificar usos irregulares.

En complemento, se propone capacitar a los municipios y a otras entidades gubernamentales en temas relacionados con fiscalización, lo anterior, puesto que generalmente estos temas son conversados telefónicamente con los encargados de medioambiente o aseo y ornato de los diferentes municipios, y éstos no disponen de una estructura de conocimiento o de una "lista de chequeo" que les permita verificar si se cuenta con los antecedentes para una denuncia efectiva.

#### Costo

Según se tiene de la Tabla 7-34, se estimó el costo de la iniciativa en **\$60 millones de pesos** y una duración de 6 meses.

**Tabla 7-34. Estudio de Caudal Ecológico en humedales costeros**

| Partida                                      | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|----------------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Estudio de usos del agua y autorizaciones    | Hp     | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Capacitación a municipios y otros organismos | Hp     | 100      | 0,05                               | 5                               |
| Elaboración de material de difusión          | Gl     | 1        | 5                                  | 5                               |
|                                              |        |          | <b>Total</b>                       | <b>60</b>                       |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

La medida se implementa a nivel de cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo (5 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

La institución responsable es la Dirección General de Aguas regional, y se espera que la iniciativa sea financiada por el Gobierno Regional.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

---

### Seguimiento y control

El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente y de las jornadas de capacitación.

#### **7.1.6 Gobernanza**

La gobernanza se refiere a la forma de organización de los actores públicos y privados, con el propósito de implementar una gestión integrada de recursos hídricos en la cuenca. En particular, esta gobernanza es responsable de liderar, coordinar y ejecutar las acciones contenidas en el presente Plan Estratégico.

A continuación, en la Tabla 7-35 se presenta las iniciativas requeridas para conformar una gobernanza en la cuenca.

**Tabla 7-35. Iniciativas de Gobernanza**

| Iniciativa                                                                                   | Brecha                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GOB 1 - Implementación de una Gobernanza de Recursos Hídricos</b>                         |                                                                                                                  |
| GOB 1.1 - Implementación de una estructura de gobernanza de recursos hídricos para la cuenca | BGOB 1 Insuficiencia de las estructuras actuales para dar cuenta de la complejidad de los problemas de la cuenca |
| GOB 1.2 - Implementación de una Secretaría Técnica permanente                                | BGOB 1 Insuficiencia de las estructuras actuales para dar cuenta de la complejidad de los problemas de la cuenca |

Fuente: Elaboración propia

##### **7.1.6.1 GOB 1 - Implementación de una Gobernanza de Recursos Hídricos**

La implementación del Plan Estratégico a nivel de cuenca requiere de una gobernanza que sea capaz de conducirlo, ajustarlo a las condiciones variables de ejecución, y sobre todo, gestionar el financiamiento requerido para su implementación.

###### **7.1.6.1.1 GOB 1.1 - Implementación de una gobernanza de recursos hídricos para la cuenca**

Esta iniciativa responde a la brecha BGOB 1 Insuficiencia de las estructuras actuales para dar cuenta de la complejidad de los problemas de la cuenca.

La brecha señala que la articulación de todos actores de la cuenca en pos de un objetivo común (y la propia definición de este objetivo) requiere de una instancia que coordine entre

actores públicos y privados para la gobernanza de la cuenca, realice el seguimiento al cumplimiento de los indicadores y compromisos, y gestione el financiamiento y respaldo político para su implementación. No existe esta articulación en la cuenca.

#### Objetivo y Origen

El propósito de la iniciativa es proponer un sistema de gobernanza para la cuenca, que permita conducir la toma de decisiones para la gestión, definición de una visión conjunta, una estrategia, y la implementación y actualización de esta.

La iniciativa surge a partir del trabajo del equipo Consultor.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Para esto, se propone la implementación de un sistema de gobernanza del agua para la cuenca. La estructura propuesta consta de los siguientes estamentos:

- **1 Consejo de Cuenca**, compuesto por usuarios del agua, la sociedad civil organizada, gobierno local y gobierno central
- **4 Comités de Seguridad Hídrica** para los ejes de personas, ecosistemas, actividades productivas y eventos extremos
- **1 Secretaría Técnica** que de sustento técnico y continuidad operacional a la gobernanza

Para la implementación de la gobernanza se propone una primera fase o “Gobernanza de Partida”, la que cuente con un reglamento básico de operación, y que se proponga la definición de un reglamento en régimen antes de 5 años de la operación. El numeral 8.2.2 desarrolla el rol de cada una de las entidades propuestas.

Se propone la realización de un programa de apoyo inicial, para el establecimiento de la gobernanza, con el siguiente alcance:

1. Definición de roles de cada uno de los actores
2. Definición de reglamento inicial
3. Revisión del Plan Estratégico
4. Definición de metas estratégicas
5. Constitución de Comités de Seguridad Hídrica
6. Definición de metas específicas por Comités de Seguridad Hídrica
7. Definición de sistemas de información y reportabilidad

#### Costo

Según se tiene de la Tabla 7-36, se estimó el costo de la iniciativa en **\$148 millones de pesos** y una duración de 12 meses.

**Tabla 7-36. Estimación de costo de la iniciativa**

| Partida                                       | Unidad  | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|-----------------------------------------------|---------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Trabajo de coordinación del Programa de apoyo | Hp      | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Reuniones de trabajo                          | Reunión | 10       | 2                                  | 20                              |
| Difusión                                      | Campaña | 2        | 5                                  | 10                              |
| Formalización de acuerdos                     | Hp      | 1.000    | 0,05                               | 50                              |
| Costos operacionales y de difusión            | Mes     | 6        | 3                                  | 18                              |
| <b>Total</b>                                  |         |          |                                    | <b>148</b>                      |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

La medida aplica para toda la cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa se espera que sea implementada en el corto plazo (5 años).

#### Organismos Responsables y relacionados

La institución responsable es la Dirección General de Aguas regional, y se espera que la iniciativa sea financiada por el Gobierno Regional.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

#### Seguimiento y control

La meta asociada es la instalación del Consejo de Cuenca, y el indicador de proceso es la ejecución del programa de apoyo con la obtención del acuerdo para un sistema de gobernanza de partida.

#### **7.1.6.1.2 GOB 1.2 - Implementación de una Secretaría Técnica permanente**

Esta iniciativa responde a la brecha BGOB 1 Insuficiencia de las estructuras actuales para dar cuenta de la complejidad de los problemas de la cuenca.

La brecha señala que la articulación de todos actores de la cuenca en pos de un objetivo común (y la propia definición de este objetivo) requiere de una instancia que coordine entre actores públicos y privados para la gobernanza de la cuenca, realice el seguimiento al

cumplimiento de los indicadores y compromisos, y gestione el financiamiento y respaldo político para su implementación. No existe esta articulación en la cuenca.

#### Objetivo y Origen

El propósito de la iniciativa es proponer un apoyo técnico que de sustento y continuidad al sistema de gobernanza de la cuenca.

La iniciativa surge a partir del trabajo del equipo Consultor.

#### Descripción de la medida e impacto sobre la brecha

Para esto, se propone la implementación de una Secretaría Técnica permanente, que dé soporte técnico a la gobernanza de la cuenca. Esta Secretaría tiene los siguientes alcances:

- a) **Continuidad operacional de la gobernanza:** convocatoria de reuniones, minutas de reuniones, seguimiento a compromisos adquiridos.
- b) **Estudios técnicos básicos:** Elaboración de estudios técnicos, recopilación de estadísticas regionales, consolidación de información.
- c) **Actualización del modelo hidrológico e hidrogeológico:** actualizaciones específicas o seccionales del modelo, evaluación de escenarios de gestión, proyecciones de temporada operacional.
- d) **Contraparte técnica de estudios locales:** ser parte de los equipos técnicos revisores de otras iniciativas de estudio de recursos hídricos dentro de la cuenca.
- e) **Acompañamiento al funcionamiento de Comités de Seguridad Hídrica:** acompañamiento a reuniones, generación de información, análisis técnico, seguimiento al cumplimiento de compromisos y metas.
- f) **Redes y alianzas:** generación de redes locales, regionales, nacionales e internacionales para el desarrollo de la cuenca.
- g) **Representación y comunicación:** difusión de las actividades de la gobernanza, publicación de artículos técnicos y entrevistas, participación en actividades y seminarios.
- h) **Reportabilidad:** generación de reportes anuales de seguimiento a los indicadores de la cuenca. Elaboración de una memoria anual de la gobernanza.

La estructura profesional de la Secretaría Técnica propuesta es la siguiente:

1. **Secretario:** responsable de la conducción de la Secretaría y su relación con los actores de la gobernanza. Define los lineamientos técnicos y estratégicos dentro de su ámbito de acción.
2. **Coordinador territorial:** profesional local, que se encarga de mantener la continuidad en las relaciones, reuniones y compromisos de cada Comités de Seguridad Hídrica y del Consejo de Cuenca. Participa en actividades de carácter territorial.



3. **Staff de Asesores:** asesores senior en gestión de recursos hídricos superficiales, subterráneos, materias legales, ambientales y sociales.
4. **Equipo de ingenieros:** equipo permanente de ingenieros que mantienen los modelos hidrológicos, hidrogeológicos, y forma parte de la contraparte técnica de estudios locales.

#### Costo

La Tabla 7-37 presenta un desglose de los costos asociados a la Secretaría Técnica. Se presentan a nivel referencial.

**Tabla 7-37. Estimación de costo de la iniciativa**

| Partida                 | Unidad | Cantidad | Costo Unitario<br>(Millones de \$) | Costo Total<br>(Millones de \$) |
|-------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------------|
| Secretario              | Mes    | 12       | 3,0                                | 36                              |
| Coordinador territorial | Mes    | 12       | 2,0                                | 24                              |
| Asesores                | Mes    | 12       | 2,0                                | 24                              |
| Profesionales           | Mes    | 36       | 2,0                                | 72                              |
| Oficina                 | Mes    | 12       | 2,0                                | 24                              |
| Costo operacional       | Mes    | 12       | 1,0                                | 12                              |
| Difusión                | Gl     | 2        | 5,0                                | 10                              |
|                         |        |          | <b>Total</b>                       | <b>202</b>                      |

Fuente: Elaboración propia

#### Ubicación

La medida aplica a nivel de cuenca.

#### Plazos de implementación

La iniciativa es de carácter permanente.

#### Organismos Responsables y relacionados

La entidad responsable del financiamiento es el Gobierno Regional, en colaboración técnica con la Dirección General de Aguas. La fuente de financiamiento es regional.

#### Beneficiarios

Son beneficiarios indirectos todos los habitantes de la cuenca.

#### Seguimiento y control

La meta asociada es la instalación de la Secretaría Técnica, y el indicador de proceso es el número de años que ésta se encuentra operativa.



---

## 7.2 Alternativas seleccionadas

El numeral anterior presenta el proceso de evaluación de cada una de las alternativas seleccionadas, las que fueron priorizadas mediante la metodología de árbol de soluciones. En consecuencia, en la Tabla 7-38 se presenta la cartera de iniciativas propuestas en formato de ficha, para cada uno de los seis ejes estratégicos de planificación: Seguridad Hídrica para las personas, ecosistemas, actividades productivas y ante eventos extremos, gestión institucional y gobernanza.

**Tabla 7-38. Alternativas priorizadas y seleccionadas**

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

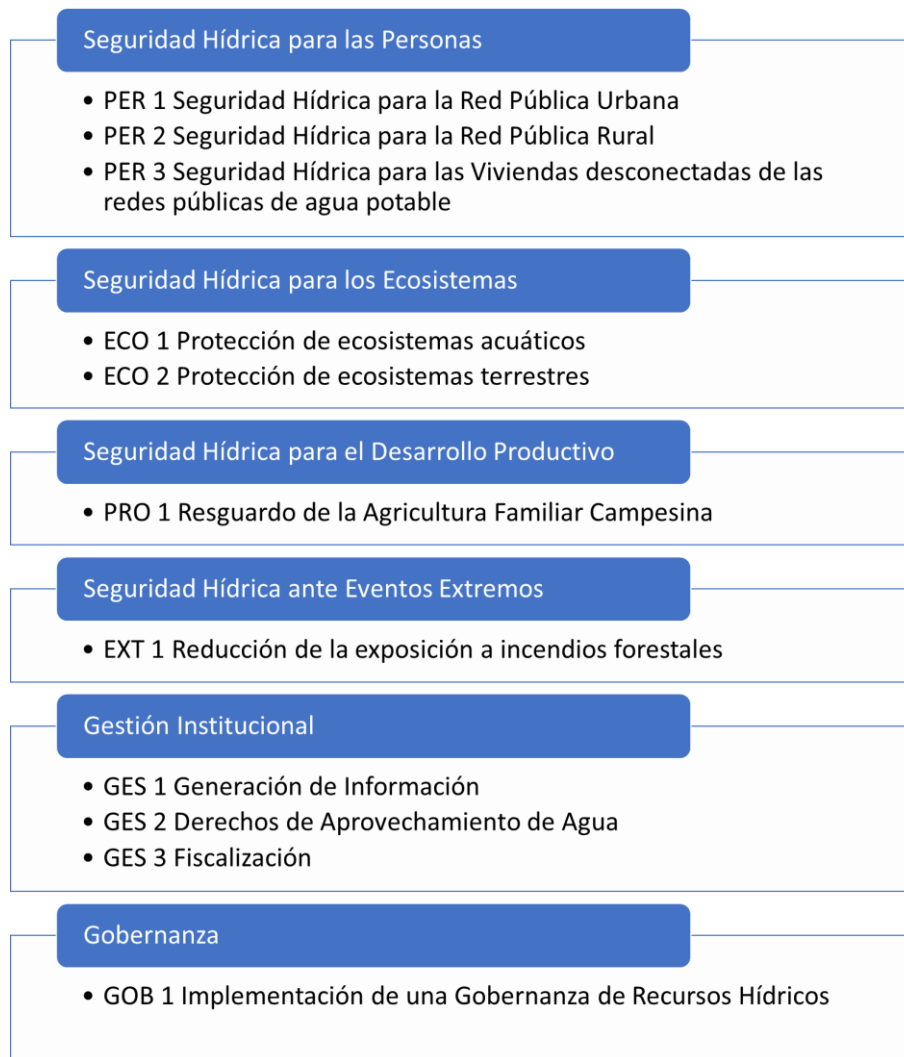
| Eje                                                | Línea de Acción                                        | Iniciativa                                                                  | Costo (UF) | Organismo Formulador | Organismo Ejecutor |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------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

| Eje                                        | Línea de Acción                                               | Iniciativa                                                                        | Costo (UF)       | Organismo Formulador | Organismo Ejecutor |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|--------------------|
| 04 Seguridad Hídrica ante Eventos Extremos | EXT 1 – Instrumentos de Adaptación al Cambio Climático        | EXT 1.2 - Incorporación del Riesgo de Incendios                                   | 0                | MMA                  | No aplica          |
| 05 Gestión Institucional                   | GES 1: Generación de Información                              | GES 1.1 - Determinación de caudal ecológico y ambiental en humedales de la cuenca | 2.897            | DGA Hidrología       | Gobierno Regional  |
| 05 Gestión Institucional                   | GES 1: Generación de Información                              | GES 1.2 - Nuevas estaciones de la red hidrométrica                                | 6.663            | DGA Hidrología       | DGA                |
| 05 Gestión Institucional                   | GES 1: Generación de Información                              | GES 1.3 - Estudio de alternativas de modelación hidrológica e hidrogeológica      | 5.794            | DGA DEP              | DGA                |
| 05 Gestión Institucional                   | GES 2: Derechos de Aprovechamiento de Agua                    | GES 2.1 - Saneamiento de derechos de aprovechamiento de aguas                     | 5.967            | DGA DARH             | DGA                |
| 05 Gestión Institucional                   | GES 3: Fiscalización                                          | GES 3.1 - Mejoras en las capacidades de fiscalización                             | 1.738            | DGA Fiscalización    | Gobierno Regional  |
| 06 Gobernanza                              | GOB 1 - Implementación de una Gobernanza de Recursos Hídricos | GOB 1.1 - Implementación de una gobernanza de recursos hídricos para la cuenca    | 4.287            | Gobierno Regional    | Gobierno Regional  |
| 06 Gobernanza                              | GOB 1 - Implementación de una Gobernanza de Recursos Hídricos | GOB 1.2 - Implementación de una Secretaría Técnica permanente                     | 175.548          | DGA                  | DGA                |
|                                            |                                                               | <b>TOTAL</b>                                                                      | <b>7.652.183</b> |                      |                    |

Fuente: Elaboración propia

### 7.3 Líneas de Acción

El Plan Estratégico se formuló a partir de una estructura de Ejes Estratégicos, Líneas de Acción e iniciativas, la que se resume en el esquema de la Ilustración 7-2.



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 7-2. Líneas de Acción del Plan Estratégico**

## 7.4 Valorización económica del Plan

El costo total del Plan Estratégico es de UF **7.652.183**. En la Tabla 7-39 se presenta el resumen de inversión por cada línea de acción.

**Tabla 7-39. Resumen de iniciativas de inversión**

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

Fuente: Elaboración propia

El cuadro siguiente resume la inversión por institución responsable y período de ejecución. El responsable principal es el MOP, que en forma directa y a través de la Dirección de Obras Hidráulicas y su Subdirección de Servicios Sanitarios Rurales concentra el 66,4 % del total de las partidas. El detalle se presenta en la Tabla 7-40.

**Tabla 7-40. Resumen de inversión por Organismo Ejecutor y Plazo**

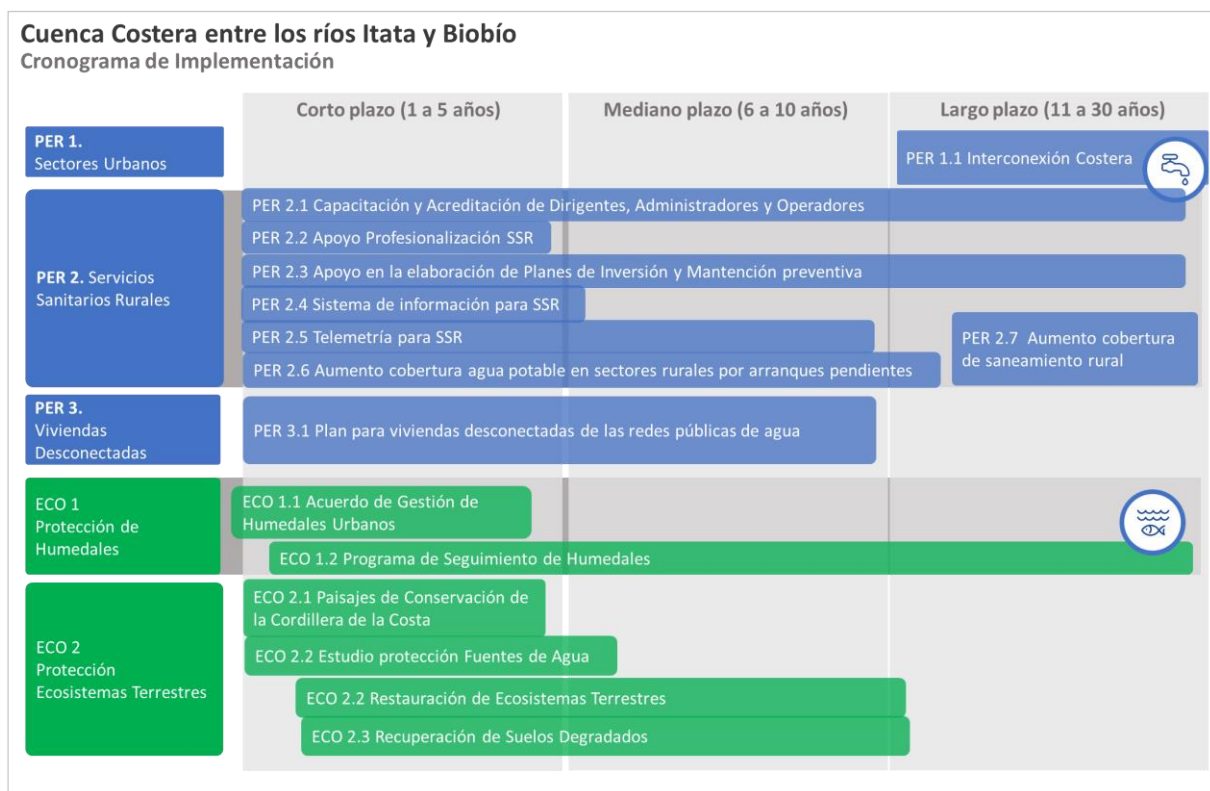
| <b>Organismo Formulator de las iniciativas</b> | <b>Total (UF)</b> | <b>Corto Plazo (1 a 5 años)</b> | <b>Mediano Plazo (6 a 10 años)</b> | <b>Largo Plazo (11 a 30 años)</b> | <b>%</b>      |
|------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------------------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

Fuente: Elaboración propia



## 7.5 Cronograma de soluciones

A continuación, en la Ilustración 7-3, Ilustración 7-4 y la Tabla 7-41 se presentan las iniciativas según plazo de implementación.



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 7-3. Cronograma de Implementación de Soluciones (1)**

### Cuenca Costera entre los ríos Itata y Biobío Cronograma de Implementación



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 7-4. Cronograma de Implementación de Soluciones (2)**

**Tabla 7-41. Cronograma de Implementación de Iniciativas**

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

Fuente: Elaboración propia

---

## 8 IMPLEMENTACIÓN

Las iniciativas del Plan corresponden a las acciones una vez que se han definido alcances, presupuesto, plazos y responsables. Así, no sólo es importante dar cuenta de las iniciativas propuestas, sino también las formas en que éstas serán implementadas, los tiempos asociados, responsables, presupuestos, etc. En este capítulo, se abordan las diferentes estrategias de implementación, con el fin de acercarse a posibles soluciones que permitan subsanar las brechas identificadas con anterioridad.

### 8.1 Hitos de referencia

A continuación, se da cuenta de las iniciativas por plazo de implementación. Buena parte de las iniciativas se desarrollan en el corto plazo, toda vez que corresponden a estudios o acuerdos que son requisito para avanzar en aspectos de mayor complejidad, como lo es la integración de las redes de distribución de agua.

#### 8.1.1 Plan de Acción de Corto Plazo

La Tabla 8-1 presenta las iniciativas propuestas para el corto plazo (1 a 5 años), identificando la inversión total, la parcial, el responsable, el financiamiento y el origen de estas. El corto plazo concentra el 15,9% de la inversión total prevista a 30 años, que equivale a 1.379,161 UF.

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

| Iniciativa                                                                                     | Organismo Formulator | Organismo Financiero | Fuente de financiamiento | Inversión en Corto Plazo (UF) | %      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------------|--------|
| PER 2.1 - Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores              | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | 2.607                         | 0,33%  |
| PER 2.2 - Profesionalización de los SSR                                                        | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | 18.829                        | 2,40%  |
| PER 2.3 - Apoyo para la elaboración del Planes de Inversión y de Mantención Preventiva         | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | 5.794                         | 0,74%  |
| PER 2.4 - Sistema de información para los Servicios Sanitarios Rurales                         | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | 17.381                        | 2,21%  |
| PER 2.5 - Instalación de Telemetría en los Servicios Sanitarios Rurales                        | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | 3.523                         | 0,45%  |
| PER 2.6 - Aumento de la cobertura de agua potable en sectores rurales por arranques pendientes | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | 80.329                        | 10,22% |
| PER 3.1 - Seguridad hídrica para viviendas desconectadas de las Redes Públicas de Agua         | Gobierno Regional    | Gobierno Regional    | Público (Regional)       | 106.314                       | 13,53% |
| ECO 1.1 - Acuerdo de Gestión de Humedales                                                      | MMA                  | No aplica            | No aplica                | -                             | 0,00%  |
| ECO 1.2 - Programa de Seguimiento de humedales                                                 | MMA                  | Gobierno Regional    | Público (Regional)       | 12.839                        | 1,63%  |
| ECO 2.1 - Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa                                | MMA                  | Gobierno Regional    | Público (Regional)       | 144.525                       | 18,39% |
| ECO 2.2 - Estudio para la Protección de fuentes de agua                                        | MMA                  | Gobierno Regional    | Público (Regional)       | 10.718                        | 1,36%  |
| ECO 2.3 - Restauración de ecosistemas terrestres                                               | CONAF                | CONAF                | Público (Sectorial)      | 18.376                        | 2,34%  |

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

Fuente: Elaboración propia

### 8.1.2 Plan de mediano y largo plazo

El mediano (6 a 10 años) y largo plazo (11 a 30 años desde el inicio del Plan) representan el 84,1 % de la inversión total. Mientras que el 15,9% se concentra en los 5 primeros años. Las obras de mayor impacto en el largo plazo corresponden a la construcción de la interconexión costera y sobre todo el sistema de tratamiento de aguas servidas para los servicios sanitarios rurales, mientras que en el corto y mediano plazo impactan las soluciones sanitarias para la población y la producción agrícola.

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

| Iniciativa                                                                                     | Organismo Formulator | Organismo Financiero | Fuente de financiamiento | Inversión en Mediano Plazo (UF) | Inversión en Largo Plazo (UF) | %      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------|--------|
| PER 1.1 - Interconexión costera entre Lirquén y Dichato                                        | Empresa Sanitaria    | Empresa Sanitaria    | Privado                  | -                               | 957.780                       | 13,15% |
| PER 2.2 - Capacitación y Acreditación de dirigentes, administradores y operadores              | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | 2.607                           | 10.429                        | 0,18%  |
| PER 3.1 - Programa de desarrollo y Mantención Preventiva de Servicios Sanitarios Rurales       | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | 2.781                           | 11.124                        | 0,19%  |
| PER 3.4 - Aumento de la cobertura de agua potable en sectores rurales por arranques pendientes | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | 80.329                          | -                             | 1,10%  |
| PER 3.5 - Aumento en la cobertura de Saneamiento Rural                                         | DOH SSR              | DOH SSR              | Público (Sectorial)      | -                               | 4.833.310                     | 66,36% |
| ECO 1.2 - Programa de Seguimiento de humedales                                                 | MMA                  | Gobierno Regional    | Público (Regional)       | 11.298                          | 45.191                        | 0,78%  |
| ECO 2.1 - Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa                                | MMA                  | Gobierno Regional    | Público (Regional)       | 21.726                          | -                             | 0,30%  |

| Iniciativa                                                                  | Organismo Formulator | Organismo Financiero | Fuente de financiamiento | Inversión en Mediano Plazo (UF) | Inversión en Largo Plazo (UF) | %              |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------|
| ECO 2.1 - Paisajes de Conservación de la Cordillera de la Costa             | CONAF                | CONAF                | Público (Sectorial)      | 177.317                         | -                             | 2,43%          |
| ECO 2.2 - Recuperación de suelos degradados                                 | SAG                  | SAG                  | Público (Sectorial)      | 18.276                          | -                             | 0,25%          |
| PRO 1.1 - Mejoras en el acceso al agua en la Agricultura Familiar Campesina | INDAP                | INDAP                | Público (Sectorial)      | 282.659                         | -                             | 3,88%          |
| GOB 1.2 - Implementación de una Secretaría Técnica permanente               | DGA                  | DGA                  | Público (Sectorial)      | 29.258                          | 117.032                       | 2,01%          |
| <b>TOTAL</b>                                                                |                      |                      |                          | <b>1.309.093</b>                | <b>5.974.866</b>              | <b>100,00%</b> |

Fuente: Elaboración propia



---

## 8.2 Estrategia de implementación

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

En este caso, se propone que esta cuenca costera sea necesariamente gestionada junto a la cuenca del río Biobío, dado que buena parte del consumo de agua de parte de las personas se obtiene a través de la captación de La Mochita, operada por ESSBIO. En consecuencia, la cuenca costera debe ser parte de la gobernanza de la cuenca del río Biobío.

A continuación se presenta una propuesta de gobernanza a nivel de cuenca principal.

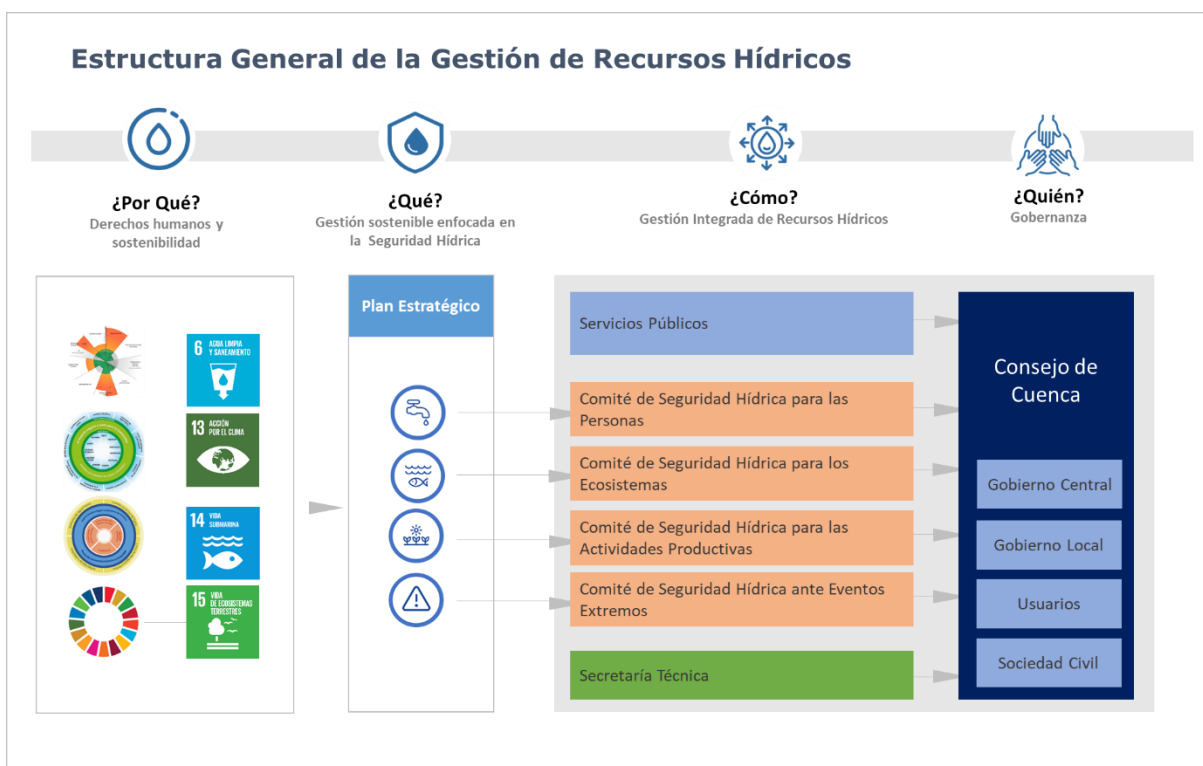
### 8.2.1 Estructura del Plan de Gestión

El propósito de planificación, el Plan de Gestión y la Gobernanza se encuentran plenamente alineados, lo que da consistencia a las estrategias propuestas y facilita su materialización. La Ilustración 8-1 presenta la línea argumental descrita.

El propósito del Plan es la **Gestión Sostenible de Recursos Hídricos**, la que se tiene al conciliar principios de sustentabilidad y seguridad hídrica, con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En particular, el ODS 6 ha sido recogido dentro de los indicadores del Plan Estratégico, alineándose de esta forma con los estándares de registro internacionales.

El Plan Estratégico se estructura a partir de Ejes Estratégicos, que consideran el Balance Hídrico de la cuenca, la Seguridad Hídrica de las personas, ecosistemas y actividades productivas, y la Gestión Institucional y Gobernanza. De esta forma, el diagnóstico, la definición de Líneas de Acción y de las Iniciativas mantienen coherencia con el propósito de Gestión Sostenible de Recursos Hídricos. El diseño del Plan recoge plenamente el concepto de **Gestión Integrada de Recursos Hídricos**.

De la misma forma, la **Gobernanza** se plantea a partir de Grupos de Trabajo para cada uno de los Ejes de Seguridad Hídrica (3 en total), los que en su conjunto aportan a un Consejo Regional de Recursos Hídricos, el que además recoge directamente temas transversales como el Balance Hídrico y la Gestión Institucional y Gobernanza. Finalmente, se propone una Secretaría técnica que dé respaldo técnico, continuidad operacional y reportabilidad a esta gobernanza.



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 8-1. Alineamiento del Plan Estratégico y la Gobernanza

#### 8.2.2 Aspectos Institucionales

La Gobernanza se entiende como la organización requerida entre los actores públicos (Estado y Gobierno Local), privados (usuarios directos e indirectos), y la sociedad civil organizada (Centros de Estudios, organizaciones funcionales, ONGs), de manera tal que en su conjunto permitan la materialización del Plan Estratégico de Gestión Hídrica para la cuenca.

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

A continuación, se describen los componentes de la gobernanza propuestos.

---

### 8.2.2.1 Consejo de Cuenca

Se propone la creación de un Consejo de Cuenca, que corresponde a una instancia público privada compuesta por representantes del Estado, de los Gobiernos Locales, de los usuarios directos e indirectos de las aguas, así como la sociedad civil organizada (Centros de estudio, organizaciones funcionales, ONGs).

El rol del Consejo se encuentra en el largo plazo, en el ámbito político estratégico, y algunas de sus funciones podrían ser:

- Apoyar la implementación del Plan Estratégico de Gestión Hídrica.
- Representar a la cuenca en las instancias políticas, técnicas y sociales que así lo requieran.
- Definición de criterios mínimos de seguridad hídrica, de común acuerdo entre todos los actores.
- Ser una instancia de acuerdo que permita abordar vacíos de planificación y gestión, territorial y sectorial.
- En general, facilitar la gestión de la cuenca como unidad territorial integradora, de la cual depende el ciclo hidrológico.

Una alternativa de conformación es que cada grupo de trabajo elija representantes que participen del Consejo, junto con otras instancias transversales del Estado y Gobiernos Locales. Se estima conveniente que el Consejo defina una estructura interna, ya sea a nivel de directorio o de vocerías, que proporcione un ordenamiento mínimo para el funcionamiento de esta instancia.

### 8.2.2.2 Comités de Seguridad Hídrica

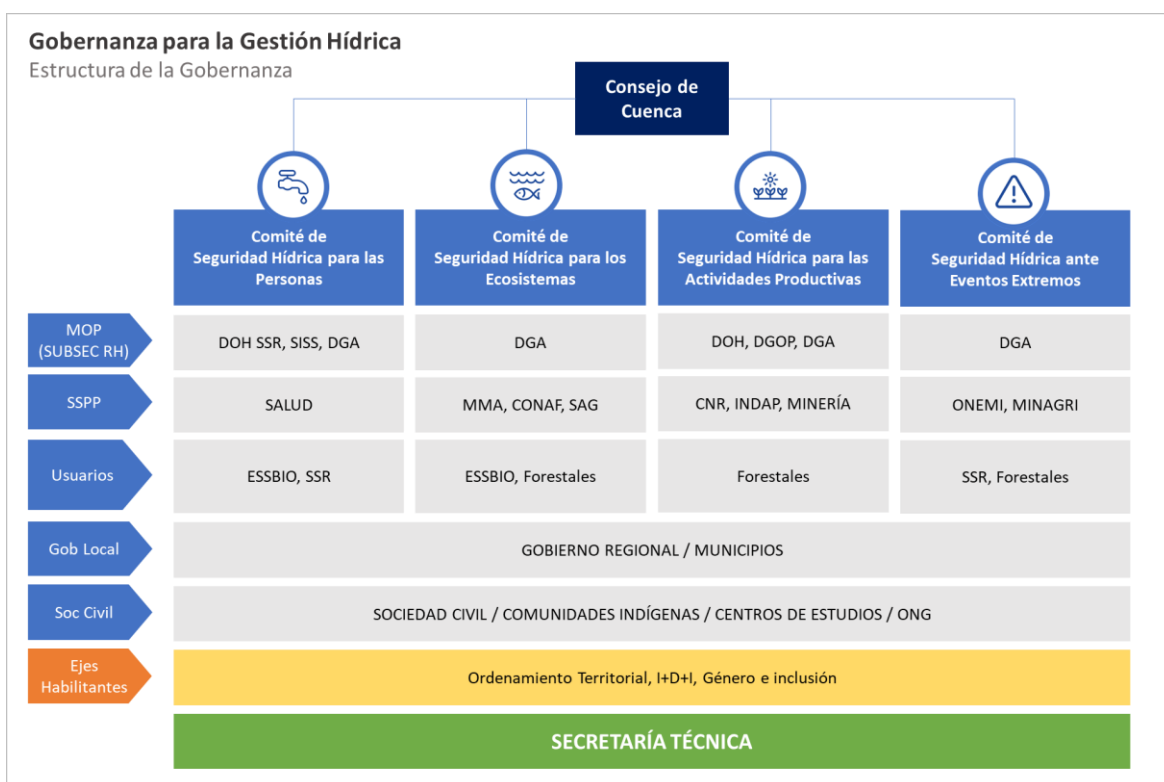
Los comités de Seguridad Hídrica corresponden a una instancia operativa, donde se aborda en particular cada uno de los ejes de Seguridad Hídrica empleados en el estudio (y otros que a futuro se estime conveniente). Por definición, son instancias técnicas orientadas a la definición y cumplimiento de objetivos y metas. Algunos alcances para los comités son los siguientes:

- Velar por la implementación del Plan Estratégico de cuenca a nivel de eje de seguridad hídrica
- Están conformados por los actores que están directamente relacionados con cada eje de seguridad
- Definir objetivos de mediano plazo y metas anuales de trabajo
- Definir una hoja de ruta para dar cuenta de objetivos y metas
- Integración de otros actores que sean necesarios para favorecer la integración

#### ▪ Reporte al Consejo de Cuenca

En la Ilustración 8-2 se presenta una propuesta de distribución de actores por Comité, distinguiendo entre aquellos servicios que forman parte de una eventual Subsecretaría de Recursos Hídricos dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Recursos Hídricos, y otros servicios cuya función los relaciona directamente con los ejes de seguridad hídrica propuestos.

Adicionalmente, se presentan los principales grupos de usuarios directos e indirectos de las aguas, incluyendo gremios y asociaciones productivas; a los gobiernos locales (de elección directa); y a los actores de la sociedad civil.



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 8-2. Actores que forman parte de la Gobernanza**

---

### 8.2.2.3 Ejes Habilitantes

Se incluyen dentro de la estructura de gobernanza el concepto de ejes habilitantes, que corresponden a aspectos transversales de la seguridad hídrica con otros aspectos clave de la seguridad a nivel país (alimentaria, energética, social), pero particularmente aspectos clave que son requisito para la implementación de la estrategia propuesta: ordenamiento territorial, I+D+i (investigación, desarrollo e innovación), género e inclusión, entre otros que sean de relevancia a nivel local.

Si bien se mencionan estos ejes, no se considera su constitución formal dentro del Plan estratégico, ya que se entiende que responderán a necesidades del gobierno local o de los actores del territorio, en lógicas que trascienden el ámbito de la seguridad hídrica.

### 8.2.2.4 Secretaría Técnica

Se propone la constitución de una Secretaría Técnica de carácter permanente que de soporte a la gobernanza propuesta. En lo principal, se entiende que los actores que participan de esta estructura, y en particular del Consejo de Cuenca, tienen distintos roles, deberes y funciones dependiendo de su naturaleza pública o privada, y que la Secretaría Técnica permitiría mantener la continuidad en las iniciativas de coordinación propuestas. Las principales funciones de esta Secretaría son:

- Mantener la continuidad de las actividades realizadas por el Consejo de Cuenca. Convocatoria a reuniones, definición de tabla y temas a tratar, seguimiento al cumplimiento de acuerdos, archivo técnico de los documentos generados.
- Prestar soporte técnico a las actividades de los Grupos de Trabajo. Validación de antecedentes, análisis básicos, definición y seguimiento al cumplimiento de metas.
- Gestión de financiamiento regional y sectorial para el desarrollo de estudios técnicos.
- Generación de un reporte anual de Seguimiento a la implementación del Plan Estratégico.
- Evaluación de resultados parciales y propuestas de actualización del Plan.

### 8.2.2.5 Gestión hídrica local

La estructura de gobernanza propuesta responde, en cierto modo, a una aproximación desde “arriba hacia abajo” para abordar el propósito de la seguridad hídrica. En este sentido, se propone una estructura jerárquica liderada por un Consejo de Cuenca, cuyas funciones se expanden a través de Comités de Seguridad Hídrica, con la posibilidad de crear tantos subcomités como sea necesario. Se definen además ejes habilitantes, transversales,

y particularmente, actores transversales como el Gobierno Regional y los gobiernos comunales.

En complemento, y en una mirada desde “abajo hacia arriba”, se debe abordar el rol de la gestión hídrica municipal, ya que a esta escala los municipios interactúan con los beneficiarios reales de la política pública, muchos de los cuales quedan potencialmente marginados total o parcialmente de la misma:

- Porque son usuarios multiactivos y sus requerimientos son atendidos parcialmente por distintas instituciones (ejemplo, pequeños productores o agricultura de subsistencia asociada a SSR)
- Porque quedan fuera de las redes pública urbana y rural de abastecimiento de agua, en un vacío de las políticas de planificación y sujetos sólo a instrumentos de emergencia (camiones aljibe gestionados mediante fichas FIBE)
- Porque los problemas asociados al cambio climático son progresivos y acumulativos en el tiempo, y esta dimensión no es adecuadamente abordada por los instrumentos actuales, diseñados para condiciones normales o estacionarias.

Existen múltiples razones, dependiendo del territorio. Sin embargo, son los municipios los que tienen la posibilidad de coordinar las acciones de los distintos servicios públicos. En este sentido, se propone avanzar en oficinas hídricas, ambientales o de cambio climático a nivel comunal, bajo un concepto de “ventanilla única”, donde el municipio reciba los requerimientos de la población y los gestione con los distintos servicios públicos, y devuelva una solución coordinada que evite superposiciones o vacíos.

Un enfoque como éste plantea desafíos económicos y de gestión a nivel municipal, pero también los genera en el conjunto de instituciones prestadoras de beneficios, ya que los requerimientos de cada instrumento tienden a encasillar las soluciones tipo, restringiendo o limitando su flexibilidad.

#### **8.2.2.6 Hitos de la Gobernanza**

Los hitos para la instalación de la gobernanza consideran una instalación progresiva del conjunto de definiciones, acuerdos, responsabilidades, deberes y derechos asociados a la gobernanza. Una de las limitantes principales que debe ser abordada es la ausencia de una definición previa del sistema de gobernanza, por lo que el proceso de instalación requiere de un carácter convocante, inclusivo, y sobre todo progresivo, de manera tal que las

definiciones recojan la participación de todos los actores, y se adapten a las necesidades de cada cuenca.

De esta forma, se propone que durante el primer año se realice la Constitución del Consejo de Cuenca y Comités de Seguridad Hídrica, y se instale la Secretaría Técnica. En consecuencia, se espera lograr el propósito de avanzar en la implementación del Plan desde un punto de vista de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

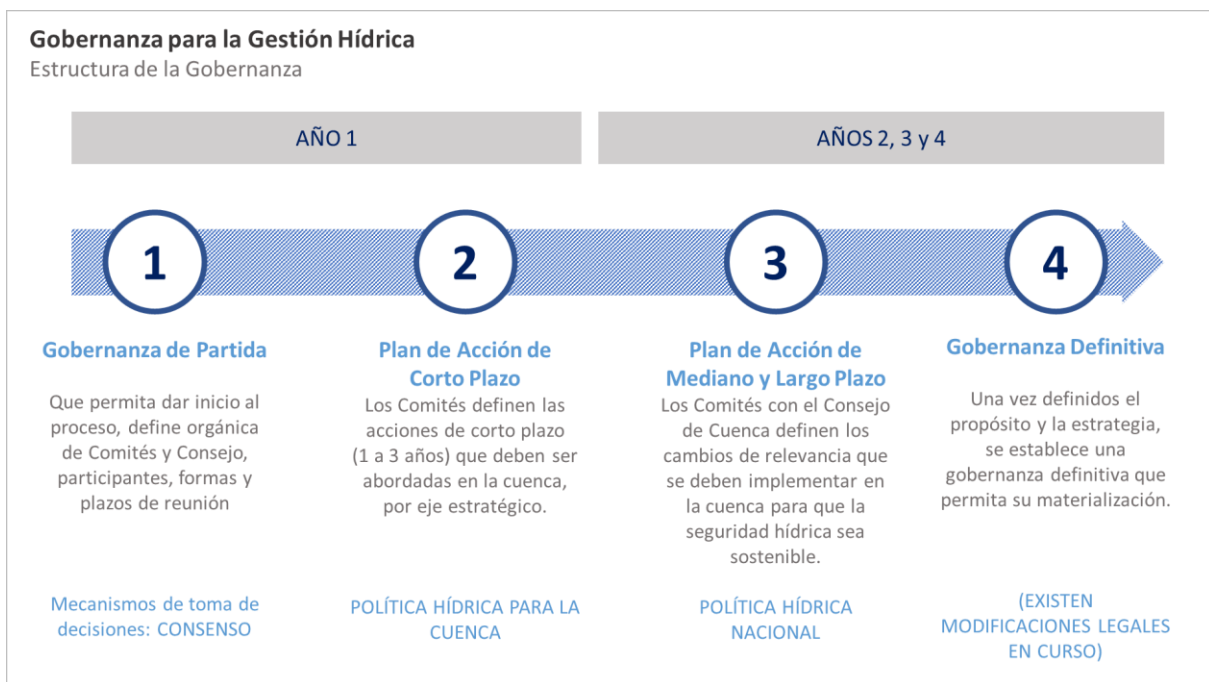
Una vez constituida la gobernanza, se propone elaborar una hoja de ruta de corto plazo que considere los temas de carácter urgente, que requieren atención inmediata; la que debe ser seguida de una hoja de mediano y largo plazo. Es importante mantener ambos ejes de trabajo siempre presentes. A partir de ambas hojas de ruta, con las responsabilidades y deberes de los integrantes del Consejo de Cuenca y los Comités, se propone avanzar hacia una gobernanza definitiva que proporcione estabilidad operacional en el mediano y largo plazo. La Ilustración 8-3 muestra los hitos propuestos para la implementación de la gobernanza a nivel de cuenca.

La implementación de estas tres instancias que componen el sistema de gobernanza propuesto (Consejo de Cuenca, Comités de Seguridad Hídrica y Seguridad Hídrica), pasa en primera instancia, por contar con una decisión política que provenga desde el gobierno central o gobierno local, para asumir el liderazgo requerido. Este liderazgo debe resultar en la articulación de las distintas instancias de gestión territorial que hoy existen, ya sea en el ámbito comunal, provincial o regional, así como la provisión de los recursos económicos requeridos para el plan.

En segundo lugar, se debe asegurar que la gobernanza sea efectivamente participativa, es decir, que los Comités con participación pública privada sea considerados en la definición de las políticas públicas, y no sólo sean parte de una instancia revisora al final del proceso, o que su participación se reduzca a un proceso de información a la comunidad.

Complementariamente, se debe asegurar el financiamiento de instancias clave como la Secretaría Técnica. Si bien no es resolutive, sí proporciona la continuidad al proceso, aspecto clave en que otras instancias han fracasado previamente, ya que los acuerdos se diluyen entre otras responsabilidades sectoriales.

Finalmente, una complejidad no menor se deriva de la proliferación de instrumentos y planes sectoriales. La Ley Marco de Cambio Climático propone, por ejemplo, la creación de los Consejos Regionales de Cambio Climático, además de Planes Regionales y Planes Comunales de Cambio Climático, así como planes sectoriales, dentro de los cuales se ratifica los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos.



Fuente: Elaboración propia

### Ilustración 8-3. Hitos para la implementación de la gobernanza a nivel de cuenca

#### 8.2.3 Aspectos de Cultura del Agua

El agua es en sí un elemento natural, pero al mismo tiempo es parte directa o indirecta de cada una de las actividades humanas. En este sentido, el territorio y el acceso al agua contribuye a definir una cultura o conceptualización que es propia de cada conjunto de personas que habitan en un sector determinado, de la misma forma en que el uso que las personas dan al agua modifica el ciclo hidrológico. Esta dualidad natural y social se denomina ciclo hidrosocial.

Desde el punto de vista cultural, el agua y las personas cumplen distintos roles dependiendo del espacio desde donde se les describa. Por un lado, están los espacios productivos, que comprenden desde aquellas actividades industriales o masivas donde intervienen empresas o instituciones públicas, a los espacios productivos que están asociados a unidades nucleares, como es el caso de la agricultura familiar campesina.

Por otro lado, el agua se usa dentro de los espacios domésticos en contextos urbanos, pero también en espacios rurales. En este punto se aprecian distintas valoraciones del agua en



función de la disponibilidad efectiva y otros aspectos relevantes como el sabor. En esta misma línea, los Servicios Sanitarios Rurales forman parte de una red de cooperativas donde la sociedad civil se organiza para proveerse así misma de agua para consumo, dando cuenta de un capital social que provee de liderazgos, capacidades de gestión y de administración que no necesariamente están presente a lo largo de todo el territorio.

Finalmente, se presentan las conclusiones principales obtenidas a partir del Conversatorio de Mujeres realizado en la cuenca, junto con otras reuniones con las fundaciones que acompañaron este proceso: Newenko y Women in Water. Más detalles se presentan en el anexo I.4 Conversatorio de Mujeres.

#### **8.2.4 Aspectos de financiamiento**

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

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

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

Este aporte debiera ser de carácter permanente en el tiempo, sin embargo no existe claridad de la fuente de financiamiento de esta Secretaría. Si bien, por un parte, pudiera ser financiada por fondos regionales dependientes del Gobierno Regional, pudiera ser también abordada desde el punto de vista sectorial. En esta misma línea, la Secretaría pudiera ser de carácter pública (compuesta por funcionarios de servicios públicos), privada

(mediante licitaciones a empresas o centros de estudio), o mixta (con funcionarios y terceros como ejecutores de tareas específicas).

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

### 8.3 Estrategia de comunicación

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

#### 8.3.1 Público objetivo

El público objetivo se divide en aquellos actores participantes de la gobernanza, con responsabilidades en la implementación del Plan; y el resto de la sociedad civil con interés en la gestión de los recursos hídricos.

En la cuenca costeras en los ríos Itata y Biobío destacan distintos actores, sin perjuicio de que no existe un ordenamiento que gire en torno a los recursos hídricos. Destaca por ejemplo el rol de las empresas forestales, así como el de medianos y pequeños productos. En el caso de las empresas de mayor tamaño, éstas se encuentran reunidas en la Corporación Chilena de la Madera, por lo que la comunicación puede ser canalizada a través de esta entidad. Sin embargo, para llegar a los pequeños y medianos productores se debe trabajar mediante campañas de información masivas.

La Tabla 8-3 presenta un resumen de los actores por ámbito de acción.

**Tabla 8-3. Resumen de actores por ámbito de acción**

| Eje         | Gobierno Central y Local                      | Usuarios                                                       | Sociedad Civil                                                                    |
|-------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Personas    | MOP SSR, SISS y DGA<br>MIN SALUD<br>GORE      | Empresa Sanitaria<br>ESSBIO<br>Servicios Sanitarios<br>Rurales | Comunidades indígenas<br>Juntas de Vecinos                                        |
| Ecosistemas | MOP DGA<br>MMA<br>MINAGRI CONAF y SAG<br>GORE | Empresa Sanitaria<br>ESSBIO<br>Empresas Forestales             | ONG Ambientales<br>Comunidades indígenas<br>Universidades y<br>Centros de Estudio |

| Eje                   | Gobierno Central y Local                                          | Usuarios                                           | Sociedad Civil                                                                                                        |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Desarrollo Productivo | MOP DOH, DGOP y DGA<br>MINAGRI CNR e INDAP<br>MIN MINERÍA<br>GORE | Empresas Forestales                                | ONG Ambientales<br>Comunidades indígenas<br>Universidades (UdeC, UCSC, UST) y Centros de Estudio (EULA, CRHIAM, CREA) |
| Eventos Extremos      | MOP DGA<br>MINAGRI CNR e INDAP<br>ONEMI<br>GORE                   | Empresas Forestales<br>SSR                         |                                                                                                                       |
| Gestión Institucional | MOP DGA                                                           |                                                    |                                                                                                                       |
| Gobernanza            | MOP DGA<br>MMA<br>GORE                                            | Empresa Sanitaria<br>ESSBIO<br>Empresas Forestales | ONG Ambientales<br>Comunidades indígenas<br>Universidades y Centros de Estudio                                        |

Fuente: Elaboración propia

Las Universidades son actores relevantes (Universidad de Concepción, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Universidad Santo Tomás), así como centros de estudio (EULA, CRHIAM, CREA) que aportan conocimiento local irreemplazable.

Destaca además el trabajo realizado por el proyecto GEF Humedales, que en este caso se enfocó en el humedal Rocuant – Andalién. Así mismo, el conjunto de municipios organizados en torno al Paisaje de Conservación Nonguén, y el consejo consultivo del Parque Nacional Nonguén.

### 8.3.2 Contenidos a comunicar

Para la comunicación de los contenidos y avances del Plan a los actores de la sociedad civil y otros que no participen de la gobernanza, se propone comunicar desde el concepto de Seguridad Hídrica y cada uno de sus ejes: personas, ecosistemas, actividades productivas y eventos extremos. De esta forma, se mantiene la amplitud que el plan ha recogido desde su diseño y formulación. Se considera adecuado realizar un reporte anual a la comunidad, donde se dé cuenta del Estado de la Cuenca y de las acciones que se están desarrollando para mejorar esta situación.

Un aspecto a considerar para las comunicaciones dentro de esta cuenca es la ausencia de organizaciones de usuarios que contribuyan a agrupar usuarios agrícolas. Por el contrario, la agricultura es de secano y cada productor sólo se conecta a través de programas como PRODESAL. En complemento, el territorio es eminentemente forestal, y los predios no cuentan con uso regular. Es decir, de no tratarse de predios de las grandes empresas forestales pertenecientes a CORMA, resulta difícil contactar a los propietarios particulares. Adicionalmente, existe un núcleo urbano potente desde el punto de vista de las demandas

ambientales, y cuentan con organización intermunicipal para la protección de humedales urbanos, y particularmente en torno al territorio de Nonguén (Parque Nacional). Este sector, donde existe un Paisaje de Conservación constituido por los municipios de Concepción, Chiguayante y Hualqui, cuenta con una dinámica de relaciones donde ha sido difícil la relación con la empresa sanitaria, ESSBIO.

En este contexto, se definen los hitos principales de la comunicación, con los contenidos asociados para su difusión:

- Al **inicio del proceso de difusión**, se deberá informar de la elaboración del Plan Estratégico, los resultados principales y las iniciativas comprometidas. Esta información debe tener dos niveles, uno general, indicando del Plan, y la posibilidad de acceder al detalle de las iniciativas. Se considera esta difusión en forma conjunta con la información sobre la constitución del Consejo de Cuenca y su Secretaría Técnica
- Al **inicio de la implementación del Plan**, se debe declarar cuales son las metas por eje estratégico, los plazos asociados, y los avances comprometidos para cada período. Esta comunicación debe ser permanente, con a lo menos una campaña anual.
- En cada **actualización del Plan Estratégico** se debe difundir los resultados obtenidos en el período precedente, los aprendizajes, las adecuaciones del Plan y las nuevas metas definidas.

Los contenidos a comunicar en todo momento son los siguientes:

- **Gobernanza**
  - (1) Definición del Consejo de Cuenca y mecanismos de gobernanza
  - (2) Integrantes del Consejo de Cuenca y los Grupos de Trabajo
  - (3) Actas de Asambleas ordinarias y extraordinarias
- **Plan Estratégico**
  - (1) Ejes del Plan e indicadores de Impacto, estado actual y estado esperado
  - (2) Iniciativas del Plan, Indicadores de Proceso y avance a la fecha
  - (3) Presupuesto
- **Agenda y comunicaciones**
  - (1) Agenda de Actividades del Plan, del Consejo y los Grupos de Trabajo
  - (2) Canal de comunicaciones (consultas, sugerencias, denuncias), con seguimiento e indicadores de respuesta
  - (3) Solicitud de reuniones o inclusión de iniciativas nuevas dentro del Plan
- **Cultura del Agua**
  - (1) Repositorio de videos, redes sociales y material educativo para una mayor cultura del agua

(2) Directorio de instituciones con material educativo respecto de los recursos hídricos

- **Directorio del Agua**

(1) Listado de instituciones y trámites relacionados con los recursos hídricos

### 8.3.3 Metas

La definición de objetivos y metas es parte fundamental de todo proceso de gestión, ya que se debe optimizar el uso de los recursos para la consecución de estas metas. En este caso, el Plan de Gestión define metas en tanto reducción de la brecha hídrica, respaldadas en iniciativas de inversión pública y privada. Se debe disponer de un proceso único, común y público de seguimiento del cumplimiento de estas metas e iniciativas, elaborado por el órgano de gobernanza y puesto a disposición de la sociedad civil.

La estrategia de comunicación también debe definir unos indicadores y metas para la difusión del Plan.

## 8.4 Identificación de fuentes de financiamiento

Las fuentes de financiamiento público de las iniciativas propuestas pueden ser sectoriales (cuando dependen de las partidas asignadas a un Ministerio en particular), regionales (cuando dependen de los Fondos Nacionales de Desarrollo Regional), o mixtas, cuando resultan de un Convenio de Programación. También se puede dar el caso de financiamiento privado, cuando los usuarios concurren con la totalidad o parcialidad de los costos de inversión requeridos. En la Tabla 8-4 se entrega el análisis de fuentes de financiamiento.

**Tabla 8-4. Análisis de Fuentes de Financiamiento**

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

Fuente: Elaboración propia

---

## 9 MONITOREO Y EVALUACIÓN DEL PLAN

El Plan Estratégico es parte de un proceso mejoramiento continuo que permite una gestión adaptativa de los recursos hídricos, adecuándose al avance real en la implementación de las iniciativas propuestas, al resultado obtenido en relación al esperado, y a las condiciones cambiantes del entorno. En este sentido, la etapa de Seguimiento y Evaluación es clave para esta gestión adaptativa.

### 9.1 Plan de Monitoreo

El Seguimiento del Plan es una actividad permanente, que permite evaluar el cumplimiento de cada una de las metas definidas. Para esto, el seguimiento debe contar con indicadores específicos, que sean comparables entre sí y reflejen en forma clara, directa e inequívoca los resultados de la implementación de las acciones propuestas.

#### 9.1.1 Indicadores

A continuación, se presentan los indicadores para cada una de las iniciativas del Plan. Se definieron distintos indicadores para cada Eje Estratégico, y se distinguieron entre indicadores de impacto e indicadores de proceso. En particular, los **Indicadores de Proceso** corresponden a variables que describen la ejecución de una acción o proceso, ya sea de ejecución única, eventual o permanente. En este caso, se aplican a la verificación de la implementación de las iniciativas del Plan Estratégico.

Los **indicadores de Impacto** fueron definidos y evaluados en el numeral 5.4, Indicadores Hídricos de la Cuenca. En complemento, en este punto se definen los indicadores de proceso, asociados a las iniciativas del Plan Estratégico.

**Tabla 9-1. Indicadores del Proceso**

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

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



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

| Iniciativa                                                                     | Programa de Seguimiento y control                                                                                                      | Duración (años) | Métrica                                    | Hitos e Indicadores                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| GES 1.3 - Estudio de alternativas de modelación hidrológica e hidrogeológica   | El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente.                                                | 1               | Nº estudios ejecutados                     | 1 estudio ejecutado, verificado mediante recepción de informe final                          |
| GES 2.1 - Saneamiento de derechos de aprovechamiento de aguas                  | El seguimiento consiste en el número de derechos de aprovechamiento efectivamente saneados y de la ejecución de la campaña de difusión | 1               | Nº de derechos saneados                    | 175 derechos de aprovechamiento saneados<br>Medios de verificación de la campaña de difusión |
| GES 3.1 - Mejoras en las capacidades de fiscalización                          | El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente y de las capacitaciones a municipios            | 1               | Nº de estudios y capacitaciones ejecutadas | Acta de ejecución del estudio                                                                |
| GOB 1.1 - Implementación de una gobernanza de recursos hídricos para la cuenca | El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del programa correspondiente.                                               | 1               | 1 programa ejecutado                       | Acta de ejecución del programa                                                               |
| GOB 1.2 - Implementación de una Secretaría Técnica permanente                  | El seguimiento consiste en la verificación de la ejecución del estudio correspondiente.                                                | 1               | Años de operación de la Secretaría Técnica | Definición de alcances, financiamiento y licitación de Secretaría Técnica                    |

Fuente: Elaboración propia

---

### 9.1.2 Seguimiento

El seguimiento del Plan de Gestión permite medir tanto la implementación de las iniciativas, como su impacto en el territorio y en el cierre de cada brecha. Es una actividad clave para el control y balance de las estrategias propuestas.

El seguimiento del Plan es responsabilidad de la gobernanza y los actores que la conforman. Sin embargo, dada la complejidad de los indicadores propuestos, se considera necesario que se defina una secretaría técnica con financiamiento público, que realice los informes técnicos correspondientes y los ponga a disposición de la gobernanza.

Esta actividad debe ser asignada en forma específica dentro de la gobernanza adoptada para el Plan Estratégico. Se estima que es una actividad técnica, permanente, que requiere de un equipo profesional contratado específicamente para la ejecución de esta tarea y la entrega de reportes a lo menos anualmente, en función de los indicadores que se describen en el punto siguiente. La dependencia de este equipo técnico ya sea público, privado o mixto, dependerá exclusivamente del modelo de gobernanza adoptado.

Complementariamente, para que el seguimiento sea efectivo, esta información debe ser pública, para ser sometida al escrutinio de la sociedad civil. Este concepto de reportabilidad es clave para un control ciudadano efectivo sobre la gestión de los recursos hídricos.

## 9.2 Mecanismos para el análisis y la toma de decisiones

El instrumento propuesto es un Plan Estratégico, con un horizonte de planificación de 30 años. Si bien es imprescindible contar con una mirada de largo plazo, se debe contar también con Planes de Gestión de corto plazo, que permitan incorporar de manera permanente las mejoras que se requieran para el Plan general, producto del análisis de la ejecución de este, de sus resultados, y de los cambios de contexto.

Por lo tanto, se requiere un ejercicio permanente de evaluación y adaptación, que se traduce en una revisión quinquenal, donde se revise el cumplimiento dentro del período anterior, y se ajusten las iniciativas a las demandas del momento. Según la estructura de gobernanza propuesta para el Plan Estratégico, estos planes quinquenales deben ser coordinados por la Secretaría Ejecutiva, y validados por el Consejo de Cuenca. En complemento, el Plan Estratégico se debiera reformular cada 10 años.

En este sentido, son los indicadores de impacto los que proporcionan una guía para la gestión adaptativa de la cuenca. A lo largo del Plan Estratégico se ha provisto de una secuencia de factores, presiones e impactos que llevan al cambio de estado de aquellos aspectos de interés (para personas, ecosistemas, desarrollo productivo y eventos extremos), que en función de su variación, señalarán la urgencia de la modificación de los planes.

---

En la cuenca, resulta crítico el seguimiento de los siguientes indicadores:

- IPER 01, Proporción de la población que accede al agua en forma segura y sin riesgo, ya que es el que más afecta a las personas y es el que, en consecuencia, reporta mayores beneficios en su resolución.
- IECO 03, Estado de ecosistemas acuáticos, ya que por la característica de los humedales costeros que se propone como bioindicadores, éstos resumen el conjunto de procesos ecosistémicos que se producen al interior de la cuenca.
- IECO 04, Superficie de Bosque Nativo, ya que es minoritaria y se busca recuperarla para contribuir a la mantención de servicios ecosistémicos principalmente asociados a la biodiversidad.
- IPRO 2, Estrés Hídrico Verde, que se refiere a la proporción de las precipitaciones que emplean las plantaciones forestales para sus procesos de crecimiento.
- IEXT 01, Riesgo potencial a la escasez hídrica, ya que refleja los esfuerzos de adaptación al cambio climático, principalmente entre los pequeños productores.

Y en particular, en este punto reside la relevancia del Consejo de Cuenca. En la posibilidad de articular las acciones dispersas en pos de un propósito común, con unas métricas declaradas en forma pública para todos, y que permita de esta forma que todos los actores se sientan parte del logro de estas. Es relevante considerar que los actores públicos y privados se mueven por métricas, por lo que es necesario encontrar aquellos aspectos clave que faciliten la colaboración, y sobre todo, permitan identificar cuando la estrategia definida no está resultando, ya sea porque han fallado los esfuerzos de implementación (indicadores de proceso), o los resultados difieren del modelo conceptual establecido inicialmente, por lo que se requiere redefinir el Plan Estratégico.

---

## 10 ASPECTOS NORMATIVOS

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

Desde el punto de vista sectorial, la formulación de estos Planes responde al mandato de la Dirección General de Aguas respecto de Planificar el desarrollo del recurso en las fuentes naturales, con el fin de formular recomendaciones para su aprovechamiento y arbitrar las medidas necesarias para prevenir y evitar el agotamiento de los acuíferos (art 299, del Código de Aguas); y específicamente se encuentran contenidos en la propuesta de modificaciones a este cuerpo normativo que se encuentra en tramitación en el Congreso desde el año 2011, específicamente en el artículo 293 bis. La incorporación de los PEGH dentro del Código de Aguas es relevante en tanto se formaliza a este instrumento como la estructura base para la planificación en las cuencas, al mismo tiempo que definiría la necesidad de actualizarlo cada diez años.

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

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

### 10.1 Modificaciones al Código de Aguas

Con fecha 6 de abril de 2022, se publicó en el Diario Oficial y entró en vigencia la Ley N° 21.435 que reforma el Código de Aguas. A continuación se presenta un resumen de las principales modificaciones que incorpora este cuerpo normativo<sup>43</sup>.

#### Planes estratégicos de recursos hídricos en cuencas

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

---

<sup>43</sup> Revisado en: <https://www.carey.cl/entra-en-vigor-la-reforma-al-codigo-de-aguas/#:~:text=La%20Reforma%20consagra%20el%20derecho,entregar%20las%20aguas%20reservadas%20a>

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

Dicho plan será actualizado cada diez años o menos, y deberá considerar a lo menos los siguientes aspectos:

1. La modelación hidrológica e hidrogeológica de la cuenca.
2. Un balance hídrico que considere los derechos constituidos y usos susceptibles de regularización; la disponibilidad de recursos hídricos para la constitución de nuevos derechos, y el caudal susceptible de ser destinado a fines no extractivos.
3. Un plan de recuperación de los acuíferos cuya sustentabilidad, en cuanto a cantidad y calidad físico química, se encuentre afectada.
4. Un plan para hacer frente a las necesidades futuras de recursos hídricos con preferencia en el consumo humano. Una evaluación por cuenca de la disponibilidad de implementar e innovar en nuevas fuentes para el aprovechamiento y la reutilización de aguas, con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza, tales como, la desalinización de agua de mar, la reutilización de aguas grises y servidas, la recarga artificial de acuíferos, la cosecha de aguas lluvias y otras. Dicha evaluación incluirá un análisis de costos de las distintas alternativas, la identificación de los potenciales impactos ambientales y sociales para una posterior evaluación, y las proyecciones de demanda para consumo humano a diez años.
5. Un programa quinquenal para la ampliación, instalación, modernización y/o reparación de las redes de estaciones fluviométricas, meteorológicas, sedimentométricas, y la mantención e implementación de la red de monitoreo de calidad de las aguas, de niveles de pozos, embalses, lagos, glaciares y rutas de nieve.
6. Adicionalmente, en el evento de que se hayan establecido en la cuenca los planes de manejo a los que hace referencia el artículo 42 de la ley N° 19.300, deberán incorporarse al respectivo Plan Estratégico de Recursos Hídricos.

El referido Plan deberá ser consistente con las políticas para el manejo, uso y aprovechamiento sustentables de los recursos naturales renovables a los que hace referencia la letra a) del artículo 71 de la ley N° 19.300.

Un reglamento dictado por el Ministerio de Obras Públicas establecerá el procedimiento y los requisitos específicos para confeccionar los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en cuencas.

### **Derecho de Aprovechamiento de Aguas (“DAA”)**

La Reforma reafirma el carácter de derecho real de los DAA. Sin embargo, los nuevos DAA que se constituyan tendrán límites temporales, hasta por 30 años, prorrogables

automáticamente, salvo que la Dirección General de Aguas ("DGA") pruebe su no uso efectivo o la afectación a la sustentabilidad de la fuente. Asimismo, se agrega el concepto de interés público como requisito de procedencia para la constitución de nuevos DAA.

Adicionalmente la Reforma:

Establece que todos los DAA (incluso los constituidos antes de la Reforma) estarán sujetos a la causal de extinción por falta de uso efectivo, respecto del caudal no utilizado, si no se construyen las obras que permitan su captación y/o restitución efectiva, dentro de un plazo de 5 años (derechos consuntivos) o 10 años (derechos no consuntivos), que se contará desde su primera inclusión en la nómina anual de patentes por no utilización, a partir del mes de enero de 2023.

Dispone una priorización o preferencia de los usos de subsistencia, consumo humano y saneamiento respecto de otros usos productivos, tanto para el otorgamiento de DAA como para la limitación al ejercicio de estos. A su vez, se mantiene la posibilidad de cambiar destino de uso de DAA, sujeto a deberes de información, salvo el caso de ciertos DAA otorgados para satisfacer necesidades de consumo humano o saneamiento.

Crea la figura de los DAA in-situ o no extractivos, destinados a fines de conservación ambiental o desarrollo de proyectos de turismo sustentable, recreacional o deportivo, que no estarán sujetos al sistema de patentes por no uso por falta de construcción de obras de captación y/o restitución, pudiendo los DAA existentes reconvertirse a esta modalidad.

Amplia las prohibiciones existentes para la constitución de nuevos DAA a glaciares, áreas declaradas bajo protección oficial de la biodiversidad, y extiende el área geográfica de esta limitación respecto de vegas, pajonales y bofedales en el norte de Chile.

Dispone que los DAA constituidos en forma previa a la Reforma que no estén inscritos en el Registro de Propiedad de Aguas ("RPA") del Conservador de Bienes Raíces ("CBR"), pueden caducar si es que no se inscriben en el plazo de 18 meses contados desde la publicación de la Reforma en el Diario Oficial, con ciertas excepciones.

### **Derecho humano al agua y su saneamiento**

La Reforma consagra el derecho humano al agua y su saneamiento, estableciendo que el Presidente de la República podrá constituir reservas de aguas superficiales o subterráneas para la función de subsistencia, la facultad de la DGA para constituir DAA para dichos usos y la posibilidad de entregar las aguas reservadas a empresas sanitarias para garantizar el consumo humano y saneamiento.

### **Patentes por no utilización**

Se introducen una serie de cambios en el sistema de cálculo de las patentes por no utilización de las aguas, en virtud de los cuales, los montos de patentes se duplican cada 5 años en forma indefinida y se establecen exenciones solamente para los DAA inscritos a

nombre de un comité u asociación de agua potable rural o de servicios sanitarios rurales; de ciertas comunidades agrícolas, de indígenas o comunidades indígenas y los DAA para fines no extractivos.

### **Nuevas atribuciones generales de redistribución de aguas de la DGA**

La Reforma establece que en los casos en que las respectivas fuentes de abastecimiento de aguas no contengan los recursos suficientes para satisfacer todos los DAA de ejercicio permanente en su integridad y el caudal total deba, por tanto, distribuirse en partes alícuotas entre los mismos DAA, la DGA tendrá la atribución de imponer medidas de redistribución de las aguas, debiendo siempre garantizar la priorización de los usos de consumo humano, saneamiento y el uso doméstico de subsistencia, en todas las zonas donde no existe o existe más de una organización de usuarios con jurisdicción para distribuir (cuencas hidrográficas con más de una Junta de Vigilancia) y así lo solicite una de ellas.

### **Nuevas atribuciones de la DGA en relación con declaraciones de zonas de escasez hídrica**

La Reforma refuerza el mecanismo de declaración de zonas de escasez, al otorgar a la DGA atribuciones especiales para intervenir en la distribución de las aguas y suspender las medidas de distribución de las organizaciones de usuarios en casos calificados de sequía extrema. Esta medida puede ser adoptada en forma indefinida y otorga a la DGA la atribución de imponer medidas de redistribución para garantizar el consumo humano, saneamiento o uso doméstico de subsistencia, incluso en áreas bajo la jurisdicción de organizaciones de usuarios.

### **Facultades presidenciales especiales**

La Reforma faculta al Presidente de la República para que de manera extraordinaria, pueda constituir DAA aunque no exista disponibilidad, para satisfacer fines de subsistencia o de conservación del recurso.

### **Aguas del minero**

En relación con las aguas del minero, que son aquellas aguas halladas por los concesionarios mineros en las labores de exploración y explotación minera y que pueden ser utilizadas, sin necesidad de contar con DAA especiales, para los fines de las concesiones correspondientes, la Reforma limita dicho aprovechamiento a la explotación minera y se establecen deberes de información y registro. Asimismo, se establece que su ejercicio no puede afectar la sustentabilidad del acuífero y, en caso de grave afectación al acuífero o de derechos de terceros, la DGA puede limitar su ejercicio.



---

## **Mayor regulación de las aguas subterráneas y otorgamiento y ejercicio de DAA sobre ellas**

Se establece la obligación de formar Comunidades de Aguas Subterráneas dentro del plazo de un año contado desde la declaración de una Zona de Prohibición o una Área de Restricción, disponiéndose además que los titulares de DAA que no participen en este proceso no podrán obtener autorización de cambios de punto de captación de sus DAA.

Asimismo, la Reforma introduce la obligación de los titulares de DAA ubicados en una Zona de Prohibición o Área de Restricción de instalar sistemas de medición y monitoreo de la extracción de aguas y sistemas de transmisión de dicha información a la DGA.

La Reforma además incorpora la causal de “degradación del acuífero que afecte su sustentabilidad” para la procedencia de la medida de reducción temporal del ejercicio de DAA, lo que deberá ser aplicado obligatoriamente por la DGA.

Por otra parte, se establecen nuevos requisitos para aprobar los cambios de punto de captación de los DAA comprendidos en un Área de Restricción o Zona de Prohibición, disponiéndose que la DGA debe comprobar que el cambio de punto de captación no implique descensos en la situación hidrológica del acuífero que pongan en riesgo su sustentabilidad o un grave riesgo de intrusión salina, y que no afecte a DAA de terceros.

Finalmente, se introducen cambios en las normas sobre recarga de los acuíferos, considerándose la recarga de aguas lluvias como una recarga natural, sin requerir informe de la DGA para desarrollar tal actividad.

### **Caudal mínimo ecológico**

La DGA podrá establecer caudales mínimos ecológicos no sólo para los nuevos DAA, sino que también en caso de traslados del ejercicio de un DAA y respecto de DAA existentes en áreas declaradas bajo protección oficial de la biodiversidad.

### **Procedimientos de regularización del artículo 2° y 5° transitorio**

Respecto de este tipo de procedimientos de regularización de DAA que tienen por objeto obtener la inscripción de los DAA reconocidos como existentes en nuestra legislación pero que no se encuentran inscritos, en el RPA del CBR competente a nombre de su actual titular, la Reforma dispone que los mismos sólo podrán iniciarse dentro de los 5 años desde su publicación y que serán tramitados y resueltos exclusivamente por la DGA, sin intervención judicial o del Servicio Agrícola y Ganadero, como ocurre en la actualidad. Respecto del procedimiento del artículo 2° transitorio del Código de Aguas, se prevé la consulta a organizaciones de usuarios de aguas respecto de las características y antigüedad de los DAA.

---

## 10.2 Ley Marco de Cambio Climático

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

La Ley define los siguientes Planes Sectoriales de Adaptación:

- a) Biodiversidad, incluyendo ecosistemas terrestres y marinos, cuya elaboración corresponderá al Ministerio del Medio Ambiente;
- b) Recursos hídricos, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Obras Públicas. Su objetivo principal será establecer instrumentos e incentivos para promover la resiliencia ante los efectos adversos del cambio climático sobre los recursos hídricos, tales como la sequía, inundación y pérdida de calidad de las aguas, velando por la prioridad del consumo humano, de subsistencia y saneamiento, la preservación ecosistémica, la disponibilidad de las aguas y la sustentabilidad acuífera;
- c) Infraestructura, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Obras Públicas;
- d) Salud, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Salud;
- e) Minería, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Minería;
- f) Energía, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Energía;
- g) Silvoagropecuario, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Agricultura;
- h) Pesca y acuicultura, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Economía, Fomento y Turismo;
- i) Ciudades, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Vivienda y Urbanismo;
- j) Turismo, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Economía, Fomento y Turismo;
- k) Zona costera, cuya elaboración corresponderá al Ministerio de Defensa Nacional, y De transportes.

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

---

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

- a) La caracterización de la cuenca;
- b) La modelación hidrológica e hidrogeológica de la cuenca y la modelación de la calidad del agua superficial y subterránea, de manera coordinada con los órganos competentes;
- c) Un balance hídrico que considere los derechos constituidos y usos susceptibles de regularización, la disponibilidad de recursos hídricos para la constitución de nuevos derechos y el caudal susceptible de ser destinado a fines no extractivos;
- d) Un plan de recuperación de acuíferos cuya sustentabilidad, en cuanto cantidad y/o calidad, incluyendo parámetros biológicos, físicos y químicos, se encuentre afectada o haya riesgo de afectación;
- e) Un plan para hacer frente a las necesidades presentes y futuras de recursos hídricos con preferencia en el consumo humano y la conservación y preservación de la naturaleza. Se incluirá una evaluación por cuenca de la disponibilidad de implementar e innovar en nuevas fuentes para el aprovechamiento y la reutilización de aguas, con énfasis en soluciones basadas en la naturaleza, tales como la restauración o conservación de humedales, riberas, bosque nativo, prácticas sustentables agrícolas, así como las mejores técnicas disponibles para la desalinización de agua de mar, la reutilización de aguas grises y servidas, la recarga artificial de acuíferos, la cosecha de aguas lluvias y otras que sean aplicables. Dicha evaluación incluirá un análisis de costos y beneficios de las distintas alternativas; la identificación de los potenciales impactos ambientales y sociales para una posterior evaluación, y las proyecciones de demanda a diez años, para consumo humano y la conservación y preservación de la naturaleza;
- f) Medidas concretas para hacer frente a los efectos adversos derivados del cambio climático, tales como sequías, inundaciones y pérdida de calidad de las aguas;
- g) Los planes de manejo a los que hace referencia el artículo 42 de la ley N° 19.300, en el caso que se hayan dictado;
- h) Un programa quinquenal para la ampliación, instalación, modernización y/o reparación de las redes de estaciones fluviométricas, meteorológicas, sedimentométricas, y la mantención e implementación de la red de monitoreo de calidad de las aguas superficiales y subterráneas, de niveles de pozos, embalses, lagos, glaciares y rutas de nieve, e
- i) Indicadores anuales de cumplimiento de la planificación y avance de cada plan, identificando el organismo del Estado responsable de su implementación. Dicha información y la de los modelos conceptuales con sus códigos y escenarios de cambio climático que se

generen en cada plan será de público acceso en una plataforma electrónica dispuesta al efecto.

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

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

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

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

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

### **10.3 Integración con otros instrumentos de planificación territorial y sectorial**

Complementariamente, los Planes Estratégicos corresponden a instrumentos sectoriales, tal y como puede ser una estrategia regional de biodiversidad, o un plan de desarrollo energético. Sin embargo, no existe una mayor conexión con los Planes Regionales de Ordenamiento Territorial. Si bien el Decreto N°469/2019, publicado en julio de 2021, aprueba la Política Nacional de Ordenamiento Territorial, está pendiente la discusión de la relación entre instrumentos y, sobre todo, de la regulación del uso del territorio fuera del contexto urbano. En particular, en la región existen potenciales conflictos por una eventual saturación del borde costero producto del desarrollo de plantas desaladoras de agua de mar. De ahí la necesidad de avanzar en un ordenamiento que favorezca acuerdos y consensos sobre el uso del territorio.

En este contexto, la gobernanza regional propuesta por el presente Plan Estratégico se superpone a los vacíos de planificación sectorial, ya que proporciona una instancia regional, al mismo tiempo que promueve acuerdos de uso del territorio en forma coordinada, acortando la brecha con los instrumentos de planificación territorial. Sin embargo, la misma



---

gobernanza carece de un marco normativo y, para su funcionamiento, requiere de un acuerdo regional que le proporcione un financiamiento mínimo para los equipos técnicos requeridos, así como para los estudios de perfil y prefactibilidad que de ésta resulten.

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