



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

GOBERNANZA DEL AGUA EN TERRITORIOS AGRÍCOLAS

ESTUDIO DE CASO EN CHILE

Subcuenca del río Tinguiririca

GOBERNANZA DEL AGUA EN TERRITORIOS AGRÍCOLAS

ESTUDIO DE CASO EN CHILE

Subcuenca del río Tinguiririca

Autor: Víctor Lobos
Consultor independiente, Stratas Consultores

Cita requerida:

Lobos, V. 2021. *Gobernanza del agua en territorios agrícolas - Estudio de caso en Chile: Subcuenca del río Tinguiririca*. Santiago de Chile, FAO.
<https://doi.org/10.4060/cb3617es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-134042-4

© FAO, 2021



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en [idioma] será el texto autorizado".

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

Fotografía de la cubierta / contracubierta: ©FAO/M. Gamboa

ÍNDICE

Prólogo	v
Abreviaturas y siglas	vi
Agradecimientos	vii
Resumen ejecutivo	viii
Presentación del estudio de caso	1
Marco conceptual	1
Objetivos y alcances	2
Metodología	3
Primera parte: Análisis de contexto nacional de la gobernanza del agua	9
Marco legal del agua en Chile	10
Marco institucional	12
Marco político	15
Usos del agua en Chile	18
Segunda parte: Caracterización general de la subcuenca del río Tinguiririca	21
Ubicación y delimitación geográfica del área de estudio	22
Hidrogeología	24
Hidrografía	25
Acuíferos	31
Hidrología	31
Usos del agua	36
Calidad del agua	36
Balance hídrico	37
Organizaciones de usuarios de aguas	37
Situación hídrica actual	38
Tercera parte: Análisis de la gobernanza del agua en la subcuenca del río Tinguiririca	45
Situación actual y tendencias	46
Desafíos para la gestión sustentable del recurso hídrico	52
Análisis de brechas	55
Conclusiones y recomendaciones	59
Bibliografía	62
Anexos	67

CUADROS

1. Pauta de entrevistas (temas/tópicos)	5
2. Ejes estratégicos y desafíos de la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos	16
3. Ejes de trabajo y líneas de acción de la Política Nacional para los Recursos Hídricos	17
4. Ejes temáticos para los desafíos de Chile en materia de aguas	18
5. Situación demográfica de las 13 comunas que forman parte de la subcuenca	23
6. Superficie de sectores hidrogeológicos del acuífero Tinguiririca	30
7. Estado pluviométrico de la subcuenca de Tinguiririca al 31 de diciembre de 2019	38
8. Resultados 1: desafíos en materia de gobernanza hídrica en la subcuenca del río Tinguiririca	53
9. Resultados 2: brechas a abordar para enfrentar los desafíos prioritizados	54
A1.1. Listado de personas entrevistadas	68
A3.1. Temas y tópicos de las entrevistas	71
A3.2. Pauta de entrevistas	72

FIGURAS

1. Reunión inicial del equipo de la FAO con la contraparte en la Comisión Nacional de Riego	3
2. Entrevistas a representantes de entidades públicas y privadas en el territorio	4
3. Hitos del Taller de devolución y retroalimentación	6
4. Organigrama de organismos vinculados a la gestión del agua en Chile	13
5. Rol de las instituciones en el desempeño de las 11 macrofunciones	14
6. Distribución de demanda consuntiva por sector, año 2015	18
7. Acuíferos de la Región de O'Higgins	22
8. Comunas de la subcuenca del río Tinguiririca	23
9. Geomorfología de la subcuenca del río Tinguiririca	24
10. Red hidrográfica de la subcuenca del río Tinguiririca	25
11. Cauce del río Tinguiririca en la Ruta 5 y Santa Cruz, noviembre de 2019	26
12. Muro del embalse Convento Viejo (arriba) y cauce aguas (abajo)	27
13. Sector de tributación de las aguas de la subcuenca en el lago Rapel	28
14. Principales acuíferos de la subcuenca del río Tinguiririca	29
15. Situación regional de las aguas subterráneas al año 2013	30
16. Pozos y estaciones fluviométricas y meteorológicas	31
17. Principales presiones sobre el recurso hídrico	32
18. Actividades agrícolas presentes en la subcuenca	33
19. Unidades de desarrollo estratégico en la Estrategia de Desarrollo Regional	34
20. Canales sin revestir en la subcuenca	35
21. Localización de los pozos de agua potable rural en la subcuenca	36
22. Área de influencia de las juntas de vigilancia de la Región de O'Higgins	37
23. Mapa de precipitaciones acumuladas a diciembre de 2019 vs. promedio 1981-2010	38
24. Evolución del caudal del río Tinguiririca en 2019 en estación Bajo Los Briones	39
25. Caudales medios anuales medidos en estación Bajo Los Briones	40
26. Evolución del caudal del río Teno, medido en estación después de la junta	40
27. Caudales medios anuales en estación Chimbarongo Bajo, embalse Convento Viejo	41
28. Variación de caudales para el mes de diciembre de 2019 vs. promedio 1981-2010	41
29. El maíz en la fisonomía productiva de la agricultura familiar campesina en la subcuenca	47

PRÓLOGO

Estamos viviendo tiempos muy difíciles producto de la pandemia, tanto por el COVID-19 mismo como por el decaimiento económico del país. Sin embargo, no debemos olvidar que existe un problema que ya se ha instalado en el país y que seguirá afectándonos aun después de la retirada del COVID: me refiero a la "crisis hídrica". Esta crisis se ha acentuado desde el año 2010 con la megasequía¹ que ha afectado gravemente a la zona central de Chile, incluyendo la Región de O'Higgins. Adicionalmente, en Chile, el debate respecto de la legislación e institucionalidad hídrica está en boga.

Los grupos en situación de pobreza y las zonas rurales vulnerables sufren mayormente los efectos de la escasez e inseguridad hídrica. En efecto, la falta de acceso al agua en calidad y cantidad es un desafío pendiente para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS2 de fin del hambre ligado a la producción agrícola y el ODS6 de agua limpia y saneamiento.

Para ello, es pertinente que los organismos competentes enfoquen su agenda en subsanar brechas relacionadas con los efectos del cambio climático, las presiones de las actividades productivas y/o extractivas, el resguardo socioambiental en el marco legal, la integración en la gestión de los recursos hídricos, la fragmentación institucional, la cobertura y adecuación de la infraestructura y la disponibilidad de datos para la toma de decisión, entre otras.

La gestión integrada de cuencas promueve la planificación, organización y coordinación de actores para abordar desafíos comunes y conflictos respecto de las aguas, tierras y ecosistemas. Entre otros aspectos, falta avanzar en intersectorialidad (agricultura y ambiente) y conciliación de objetivos (producción y conservación). La gobernanza del agua da un paso más allá al enfocar las decisiones y acciones de la institucionalidad competente y otros actores involucrados (eficacia, eficiencia, confianza y participación).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) viene fortaleciendo su cooperación técnica en gobernanza y seguridad hídrica en territorios agrícolas, contribuyendo a la resiliencia climática (adaptación), la seguridad alimentaria (riego), el acceso a agua de calidad para consumo y la transformación productiva hacia sistemas agroalimentarios sostenibles.

La Representación de la FAO en Chile a través de su Marco de Programación País promueve el manejo sostenible de los recursos naturales, entre ellos, el agua, así como su buena gobernanza, incluyendo los actores sociales y privados involucrados. Es así como se encuentra impulsando una serie de iniciativas y proyectos con el Gobierno, entre las cuales cabe mencionar el diseño del Plan de Adaptación al Cambio Climático del sector de recursos hídricos (con los Ministerios de Obras Públicas y del Medio Ambiente), así como la actualización del plan de adaptación del sector silvoagropecuario (con el Ministerio de Agricultura).

Adicionalmente, desde el año 2019, se ha venido desarrollando un estudio de caso de la gobernanza del agua en territorios agrícolas con las instituciones competentes, coordinadas por la Comisión Nacional de Riego como punto focal. Se concordó estudiar la subcuenca del río Tinguiririca, en la cual se podía dar cuenta de la experiencia distintiva, en el contexto latinoamericano, de la gestión privada de obras hidráulicas de regulación, concesionadas, así como de tramos de cuenca, áreas de riego y sistemas de abastecimiento de agua potable rural.

Se presentan a continuación la metodología, hallazgos y recomendaciones de este estudio de caso que revela, entre otros aspectos, la gran dependencia de la agricultura familiar campesina del recurso hídrico, la disminución en la disponibilidad y calidad del agua, las marcadas asimetrías territoriales, sociales y políticas, la vulnerabilidad de la agricultura de secano, la pertinencia de seguir modernizando el riego, la necesidad de fortalecer la gobernanza, la investigación y el monitoreo ambiental de las aguas subterráneas, y la armonización del consumo humano y agropecuario.

Espero que este estudio contribuya al diálogo y la cooperación para avanzar, de manera colectiva e inclusiva, en abordar los desafíos y brechas identificadas en la subcuenca del río Tinguiririca.

Eve Crowley

Representante Regional Adjunta de la FAO para América Latina y el Caribe y Representante de la FAO en Chile

¹ <http://www.cr2.cl/analisis-termino-la-megasequia-aun-no-pero-escapamos-de-la-sequia-extrema-cr2/>

ABREVIATURAS Y SIGLAS

AFC	Agricultura Familiar Campesina	Minsal	Ministerio de Salud
BM	Banco Mundial	MMA	Ministerio de Medio Ambiente
CASEN	Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional	MNE	Ministerio de Energía
CIREN	Centro de Información de Recursos Naturales	MOP	Ministerio de Obras Públicas
CGR	Contraloría General de la República	NSCA	Norma Secundaria de Calidad Ambiental
CNR	Comisión Nacional de Riego	OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
CORFO	Corporación de Fomento de la Producción	ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
CR2	Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia	ONG	Organización no gubernamental
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation	OUA	Organizaciones de Usuarios del Agua
DAA	Derechos de Aprovechamiento de Aguas	PNRH	Política Nacional para los Recursos Hídricos
DBO5	Demanda Bioquímica de Oxígeno	Prodesal	Programa de Desarrollo Local
DIFROL	Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado	PTAS	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
Diproren	Dirección de Protección de los Recursos Naturales	SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
DGA	Dirección General de Aguas	Secplac	Secretaría Comunal de Planificación
DMC	Dirección Meteorológica de Chile	Sercotec	Servicio de Cooperación Técnica
DOH	Dirección de Obras Hidráulica	Seremi	Secretaría Regional Ministerial
ENRH	Estrategia Nacional de Recursos Hídricos	Serviu	Servicio de Vivienda y Urbanismo
ESIIR	Sistema de Información Integral de Riego	SHAC	Sectores Hidrogeológicos de Aprovechamiento Común
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
GORE	Gobierno Regional	SMA	Superintendencia del Medio Ambiente
HH	Huella Hídrica	SNIA	Sistema Nacional de Información del Agua
INDAP	Instituto de Desarrollo Agropecuario	SNIT	Sistema Nacional de Información Territorial
INE	Instituto Nacional de Estadísticas	UDE	Unidad de Desarrollo Estratégico
Minagri	Ministerio de Agricultura		

AGRADECIMIENTOS

En representación del equipo del Estudio de caso de la gobernanza del agua en la subcuenca del río Tinguiririca (Región del Libertador General Bernardo O'Higgins) se agradece a todos los actores nacionales, regionales y locales que fueron partícipes y que aportaron con información relevante para el desarrollo del presente estudio.

Especiales agradecimientos a la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura de Chile por ser la institución de contraparte nacional del estudio y brindar todo apoyo para un buen desarrollo del trabajo.

Finalmente, se agradece al equipo de trabajo de FAO por la revisión técnica del documento: Sally Bunning, Marcelo Gamboa, Rodrigo Vásquez, Tanja Lieuw y Marco Flores. Y a Julie Claire Macé por la revisión editorial y a Natalia Geisse por el diseño y diagramación.

RESUMEN EJECUTIVO

1. ANTECEDENTES

El estudio de caso de la gobernanza del agua en la subcuenca del río Tinguiririca (Región del Libertador General Bernardo O'Higgins) corresponde a una evaluación rápida del marco político, legal, institucional y económico, con énfasis en la toma de decisiones, implementación y reporte de las diversas iniciativas de gestión del agua en los niveles nacional y subnacional.

El trabajo se vincula al quehacer global de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en gobernanza de los recursos hídricos para un uso más eficiente, transparente y equitativo del agua para la agricultura.

El objetivo fue analizar con las entidades nacionales y actores involucrados la gobernanza y gestión de los recursos hídricos en la subcuenca. El estudio se enfocó principalmente en los problemas, desafíos y oportunidades en la gestión del agua que podrían tener implicancias en las actividades agropecuarias, por parte del sector público y las entidades involucradas, tanto a nivel nacional como territorial.

La metodología consistió en una combinación de análisis de información proveniente de fuentes secundarias y la percepción de actores clave (nivel local) en materia de gobernanza, seguridad alimentaria, resiliencia climática y seguridad hídrica.

La subcuenca del río Tinguiririca es un rico y complejo sistema hidrográfico estructuralmente conformado por el río Tinguiririca y el estero Chimbarongo. Entre los principales usos productivos del recurso hídrico, destacan el agropecuario, la generación eléctrica y actividades industriales. Una gran parte de estas actividades se concentran en la depresión intermedia (valle central), produciendo en esta zona la mayor presión sobre los recursos hídricos (bocatomas y descargas de aguas residuales, entre otros). Estas actividades coexisten con los principales centros poblados de la subcuenca que descargan aguas residuales.

Según datos del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal de 2007, la superficie sometida a riego en la subcuenca es de 87 961 hectáreas, distribuida entre 15 511 explotaciones agropecuarias.

En la actualidad, la subcuenca está siendo afectada por una sequía meteorológica e hidrológica que se extiende por 11 años. Este déficit de precipitaciones forma parte de una tendencia a nivel nacional, acentuada en la zona centro-sur del país. Debido a la magnitud de la duración e intensidad de este fenómeno, el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2) de la Universidad de Chile viene planteando el término "megasequía" (CR2, 2015). En 2020 se estaría produciendo un alejamiento sustancial de la condición de extrema sequía del 2019 (CR2, 2020).

La situación más crítica en términos de seguridad de riego la viven los agricultores en sectores regados por esteros (afluentes) denominados "de derramistas". La ausencia de quebradas, vertientes, afloramientos, así como de excedentes de los cauces principales, ha traído como consecuencia problemas severos de disponibilidad de agua. Adicionalmente, estos sectores poseen por lo general sistemas precarios de distribución de las aguas, por lo que las zonas más afectadas son los regantes ubicados en las colas de canal, rinconadas y esteros menores.

En la zona de secano, el acceso al recurso hídrico ha alcanzado un punto crítico, al no existir fuentes mayores de agua superficial.

Desde el Estado, la respuesta a la crisis ha sido declarar la zona en emergencia agrícola y zona de escasez hídrica con el objeto de inyectar recursos para paliar los efectos inmediatos de la sequía. Se ha conformado una Mesa Regional de Escasez Hídrica (octubre de 2019) y una Mesa Asesora del Agua (agosto de 2019), esta última con el propósito de generar estrategias que permitan hacer frente al complejo escenario de sequía.

En marzo de 2020, la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Agricultura anunció el Plan Regional de Recursos Hídricos 2020-2029, consistente en 16 iniciativas con un fuerte componente en obras de riego (embalses y recarga de acuíferos), sistemas de distribución de agua y tecnificación de riego, así como en educación de los regantes y constitución legal de derechos de agua.

Bajo la coordinación del Ministerio del Medio Ambiente (MMA), la FAO está apoyando al Gobierno de Chile en la elaboración de cinco planes de adaptación al cambio climático, incluido uno sobre los recursos hídricos y otro en el sector agropecuario.

Según opinión de los actores entrevistados, los problemas clave de la subcuenca del río Tinguiririca son los siguientes:

- vulnerabilidad de la agricultura familiar campesina a la megasequía;
- aumento de la extracción de aguas subterráneas y competencia por su uso;
- aumento de la concentración de la propiedad de la tierra y el agua;
- aumento de loteos;
- aumento de la extensión de cultivos en laderas de alta pendiente;
- falta de información para mejorar la certeza en pronósticos de caudales;
- falta de estudios de balance hídrico e hidrogeológico actualizados de la subcuenca;
- necesidad de extender sistemas de motorización de compuertas y monitoreo de caudales mediante telemetría;
- pérdida de recurso hídrico por insuficiente infraestructura de conducción y distribución;
- alta dispersión de la información hidrológica disponible;
- escaso conocimiento de las condiciones agroclimáticas locales;
- aumento del contenido de sedimentos en las aguas del río Tinguiririca (elevada turbidez);
- alta carga microbiológica en aguas servidas tratadas;
- contaminación difusa proveniente de la actividad agrícola (plaguicidas y fertilizantes);

- limitadas capacidades de la Dirección General de Aguas (DGA) para llevar a cabo sus responsabilidades;
- baja coordinación entre entidades públicas competentes;
- desacople entre instrumentos de fomento y necesidades locales;
- conflictos entre titulares de derechos de agua;
- desconfianza entre los usuarios del agua.

2. DESAFÍOS PARA LA GOBERNANZA DEL RECURSO HÍDRICO EN LA SUBCUENCA

a) Gobernanza

- Fortalecer la confianza entre actores, su coordinación efectiva, y la prevención/resolución de conflictos producto de la crisis hídrica (agua potable-riego-hidroelectricidad-minería).
- Fortalecer la institucionalidad pública y privada competente.
- Mejorar las capacidades adaptativas por parte de las entidades públicas y privadas para hacer frente a los desafíos de la gestión del agua a largo plazo.
- Mejorar la planificación del territorio, resguardando el suelo de uso agrícola y regulando la expansión de riego en función de la disponibilidad de agua y teniendo en cuenta el cambio climático.
- Reglamentar el uso eficiente del agua y promover sistemas de riego con tecnologías eficientes de riego por goteo y aspersión, cultivos de alto valor con menos demanda de agua y reúso de aguas residuales.
- Generar nueva información, compartirla, integrarla (entre actores públicos y con privados) y modernizar su gestión para una toma de decisiones informada.

b) Seguridad alimentaria

- Mitigar la reducción de la pequeña agricultura, especialmente aquella con vulnerabilidad hídrica.

- Salvaguardar la inocuidad del agua en zonas rurales.
- Adaptar la ganadería a la capacidad de carga de los territorios y las condiciones de sequía con el objeto de restaurar tierras degradadas.

c) Resiliencia climática

- Actualizar los instrumentos de fomento, conforme a las necesidades locales de adaptación al cambio climático.
- Mejorar la eficiencia hídrica en territorios agropecuarios para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático.

d) Seguridad hídrica (y otros aspectos)

- Regular la expansión de la demanda conforme con las proyecciones de disponibilidad hídrica en las cuencas y subcuencas, con énfasis en el control del riego y la gestión de las aguas subterráneas.
- Asegurar la disponibilidad hídrica para pequeños y grandes productores agropecuarios.
- Asegurar la disponibilidad hídrica para el consumo humano, desarrollando un nuevo enfoque en la gestión de agua y la recarga del agua subterránea.
- Conservar patrimonio y servicios hidrológicos que contribuyen a la competitividad y bienestar de los territorios de la subcuenca.

3. RECOMENDACIONES

1) Promover el resguardo de la seguridad hídrica y alimentaria en la subcuenca en las agendas e iniciativas públicas, reforzando la intersectorialidad descentralizada (agricultura-medio ambiente-agua), incorporando actores representativos de grupos vulnerables (pequeña agricultura y usuarios con limitaciones de acceso al agua) y fortaleciendo sus capacidades organizacionales y técnicas.

2) Acordar una planificación estratégica hídrica a nivel de subcuenca que armonice el consumo humano y agropecuario y comprometa el accionar de actores públicos y privados, integrando las competencias e instrumentos de planificación sectoriales (DGA, MMA) y territoriales (Gobierno Regional, municipios, Ministerio de Vivienda y Urbanismo) existentes.

3) Acelerar la adaptación de las estrategias de desarrollo de las áreas con baja seguridad de abastecimiento hídrico a las especificidades territoriales, su capacidad de carga y otras limitaciones, velando por la resiliencia climática, opciones de producción silvoagropecuaria climáticamente inteligentes y el ajuste de la demanda hídrica zonal de los rubros silvoagropecuarios.

4) Evaluar la pertinencia, eficiencia y eficacia de los actuales instrumentos de fomento sectoriales, subnacionales y locales, en orden a optimizar su diseño, requisitos y operatoria conforme a la nueva realidad del sector silvoagropecuario, la ruralidad y la pequeña agricultura.

5) Acelerar la modernización del riego orientada a incrementar de manera sostenible la productividad del agua en la agricultura y la seguridad de riego en las actuales tierras irrigadas.

6) Impulsar la construcción de una estructura público-privada de gobernanza de las aguas subterráneas en la subcuenca, partiendo por la conformación de comunidad(es) de aguas subterráneas y un esquema de vinculación con las principales organizaciones de usuarios de aguas superficiales.

7) Normar y monitorear la presencia de contaminantes de origen agropecuario y residencial en el proceso normativo en curso (norma secundaria de calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Rapel), considerando parámetros relacionados con los principales plaguicidas peligrosos de uso silvoagropecuario, la calidad física (turbidez) y microbiológica (asociada a aguas residuales).

8) Promover alianzas público-privadas para integrar y divulgar la información disponible, así como suplir brechas de información relevantes para mejorar la toma de decisiones respecto de los recursos y servicios hídricos de la subcuenca.

9) Fortalecer la colaboración/coordinación intersectorial en la subcuenca y la sinergia con los gobiernos locales, así como las capacidades y recursos de la institucionalidad competente para resguardar la explotación sostenible y la conservación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO DE CASO

LA GOBERNANZA Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA LA AGRICULTURA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA

En el marco del Programa de Agricultura Sostenible, las oficinas regional y subregional de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) están apoyando un análisis de la gobernanza de los recursos hídricos en territorios agropecuarios en América Latina y el Caribe, de acuerdo con las prioridades de las Iniciativas Regionales y del Marco de Programación por País (instrumentos endosados por los ministerios de agricultura).

Este trabajo se inserta en la agenda de la FAO sobre la gobernanza del agua para su uso más eficiente, transparente y equitativo en territorios agropecuarios. En este contexto, el objetivo ha sido analizar la gobernanza de los recursos hídricos para la agricultura en Chile a través de un estudio de caso en un territorio (cuena, subcuena o microcuena), priorizado y seleccionado bajo criterios específicos acordados con la Comisión Nacional de Riego (CNR)².

El estudio se enfoca principalmente en los problemas y desafíos en la gestión del agua que podrían tener implicancias en las actividades agrícola, forestal, ganadería, pesca y acuicultura, por parte del sector público y otras entidades involucradas, tanto a nivel nacional como territorial.

Se espera que los resultados de este estudio contribuyan a: i) impulsar un diálogo sobre la mejora de la gobernanza y gestión de los recursos hídricos en la agricultura, con un enfoque integrado de cuena que releve los servicios ecosistémicos; ii) apoyar la planificación estratégica de intervenciones e inversiones del Gobierno de Chile para reducir las brechas y aprovechar las oportunidades de mejora de la gobernanza del agua; y iii) orientar la asistencia técnica de la FAO en los países para identificar y escalar las opciones de gestión sostenible del agua en la agricultura con un

enfoque de manejo de microcuenas, a fin de contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional, al desarrollo rural territorial y a la resiliencia de los pequeños productores a la variabilidad del clima y el cambio climático.

En la primera parte de este informe, se presenta un análisis del contexto nacional de la gobernanza del agua, por medio de una descripción del marco político, legislativo e institucional de la gestión y gobernanza hídrica en el país. En la segunda parte, se presenta una caracterización general de la subcuena del río Tinguiririca, por medio de una descripción de la situación actual y tendencias en hidrología, usos silvoagropecuarios, oferta hídrica y cambio climático. Finalmente, en la tercera parte, se presenta un análisis de la gobernanza del agua en la subcuena, identificando desafíos en materia de gobernanza, seguridad hídrica, resiliencia climática y seguridad alimentaria. Asimismo, se presenta una descripción de las brechas para abordar los desafíos identificados.

MARCO CONCEPTUAL

GOBERNANZA DEL AGUA

La agricultura, que representa el 70% del consumo total de agua, se enfrenta a retos complejos de aquí al 2050 para producir alimentos y garantizar la seguridad alimentaria a una población que alcanzará 9 000 millones de personas. Sin embargo, este desafío se enmarca en un escenario donde la escasez de agua se viene agravando por diversas causas, tales como la degradación de la tierra, el cambio climático (en particular la sequía), así como el crecimiento de la demanda hídrica, usos ineficientes y desiguales, y carencias de regulación y de gestión conjunta de los recursos hídricos.

En los últimos decenios, los intentos por resolver los crecientes problemas del agua se han centrado en componentes de la gestión relacionados con la coordinación y planificación, principalmente desde el sector público y con un enfoque principalmente sectorial. En los gobiernos, las responsabilidades relacionadas con el agua suelen estar dispersas entre diversas instituciones y la coordinación limitada, tanto en el plano decisorio como en el ejecutivo.

² La CNR ha sido designada por la Mesa de coordinación de recursos hídricos del Gobierno de Chile como contraparte operativa del estudio de caso.

Los distintos sectores y factores están tan interrelacionados que ningún sector puede operar razonablemente de manera aislada. Mejorar la gobernanza de los recursos hídricos es uno de los principales desafíos para la seguridad alimentaria e hídrica y la resiliencia climática, e involucra principalmente a la actividad silvoagropecuaria debido a que este sector es el principal usuario de este recurso, con impactos ambientales y socioculturales.

La labor de la FAO en el agua se centra en un uso del agua en la agricultura más eficiente, equitativo y respetuoso con el medio ambiente. Las cuestiones que han de abordarse incluyen: (i) la seguridad hídrica, (ii) la resiliencia climática y (iii) la seguridad alimentaria.

SEGURIDAD HÍDRICA

Con el cambio climático y el crecimiento demográfico ejerciendo cada vez mayor presión sobre unos recursos hídricos finitos, se torna crucial aumentar la eficiencia hídrica y ofrecer el acceso al agua potable a toda la población. Garantizar la seguridad hídrica global es fundamental para lograr el Hambre Cero y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En este sentido, se entiende la seguridad hídrica como la capacidad de una población para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua de calidad aceptable para el sostenimiento de los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, para garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con la misma, y para la conservación de los ecosistemas en un clima de paz y estabilidad política.

RESILIENCIA CLIMÁTICA

El cambio climático llevará a fenómenos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes e intensos, como sequías e inundaciones, con un impacto devastador en los sistemas de producción de alimentos. En este escenario, la resiliencia climática rural se entiende como la capacidad que tienen los entornos naturales y las sociedades para enfrentar las diferentes presiones y los impactos causados por cambios en los patrones climáticos: modificaciones importantes en los regímenes pluviales y las precipitaciones; heladas más frecuentes; incrementos continuos e impredecibles en las temperaturas; presencia de nuevas plagas y enfermedades

que afectan cultivos y animales; reaparición o aparición de enfermedades; e incrementos en las temperaturas promedio de los océanos y mares, entre otros (FAO, 2019).

SEGURIDAD ALIMENTARIA

Desde la Cumbre Mundial de la Alimentación de 1996, se entiende que la seguridad alimentaria "a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana". Esta definición plantea cuatro dimensiones primordiales: (i) la disponibilidad física de los alimentos; (ii) el acceso económico y físico a los alimentos; (iii) la utilización de los alimentos (la forma en la que el cuerpo aprovecha los diversos nutrientes presentes en los alimentos); y (iv) la estabilidad en el tiempo de las tres dimensiones anteriores. Para que puedan cumplirse los objetivos de seguridad alimentaria deben realizarse simultáneamente las cuatro dimensiones (FAO, 2011).

OBJETIVOS Y ALCANCES

OBJETIVO GENERAL

Analizar la gobernanza de los recursos hídricos para la agricultura en Chile a través de un estudio de caso en la subcuenca del río Tinguiririca (Región del Libertador General Bernardo O'Higgins).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1) Conocer el marco político, legal e institucional que guía la toma de decisiones a nivel nacional y territorial, respecto a la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos para la agricultura sostenible y el mantenimiento de servicios hidrológicos.

2) Identificar, en base a los problemas y oportunidades detectados en la subcuenca del río Tinguiririca, los desafíos en materia de gobernanza, seguridad hídrica, resiliencia climática y seguridad alimentaria, así como las brechas para abordarlos.

El estudio se enfoca principalmente en los problemas y desafíos en la gestión del agua (con foco en la escasez de agua, incluyendo aspectos de disponibilidad, acceso, calidad, oportunidad del uso, eficiencia y en gestión de riesgos de inundaciones, contaminación, etc.) que podrían tener implicancias en las actividades agropecuarias, por parte del sector público y las entidades involucradas, tanto a nivel nacional como territorial.

METODOLOGÍA

La metodología de trabajo consistió en la combinación de análisis de información secundaria y levantamiento de percepción de actores clave por medio de entrevistas semiestructuradas (información primaria). Las instituciones públicas competentes concordaron una interlocución del equipo de la FAO, a través de la CNR, con quien se planificó y organizó el trabajo en campo (Figura 1).

RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE FUENTES SECUNDARIAS

Esta tarea permitió contar con la información básica necesaria para los análisis de contexto nacional de la gobernanza del agua y caracterización general de la subcuenca del río Tinguiririca. Para ello se recopiló antecedentes disponibles en instituciones públicas y privadas en sus niveles nacional y subnacional. Se recurrió a fuentes tradicionales de información estadística como el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional (CASEN), el Banco Central, ministerios y municipios, así como también a la bibliografía específica existente en universidades y centros de investigación y la base de antecedentes disponibles en la biblioteca virtual del programa Gestión de Recursos Hídricos de la Cuenca de Rapel de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Chile.

Para la dimensión territorial se consultó distintas fuentes de información como el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) del Ministerio de Bienes Nacionales, el Sistema Nacional de Información del Agua (SNIA) del Ministerio de Obras Públicas, el Sistema de Información Integral de Riego (ESIIR) y la biblioteca digital del Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).

Figura 1. Reunión inicial del equipo FAO con la contraparte en la Comisión Nacional de Riego



©FAO / M. Gamboa

Asimismo, se realizó un análisis de noticias relacionadas con los recursos hídricos en la subcuenca del río Tinguiririca, publicadas en medios de prensa locales, nacionales y otros medios alternativos disponibles en la web. El análisis abarcó el período comprendido entre enero y diciembre de 2019 y el objetivo fue identificar y contextualizar los actores relevantes, sus discursos y sus posiciones respecto a las diversas problemáticas relacionadas con los recursos hídricos.

IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE FUENTES PRIMARIAS

En noviembre de 2019, se llevó a cabo un programa de entrevistas semiestructuradas a actores públicos, privados y otros involucrados (interventores y afectados, incluyendo productores, comunidades y grupos vulnerables). La identificación de los actores se realizó en conjunto con la CNR. En términos generales, para esta priorización se aplicó criterios que permitieron acotar con el mayor grado de objetividad posible la muestra de actores a entrevistar. Estos criterios se aplicaron para la identificación de actores relacionados con el sector público, sector privado, ciudadanía, universidades y centros de investigación. Se muestra en el Anexo 1 el conjunto de personas entrevistadas e se ilustra en la Figura 2 un registro fotográfico de algunas de estas entrevistas.

Figura 2. Entrevistas a representantes de entidades públicas y privadas en el territorio



PAUTA DE ENTREVISTAS

Se aplicó una pauta de entrevista considerando los siguientes ejes temático orientadores:

- gobernanza;
- seguridad alimentaria;
- resiliencia climática;
- seguridad hídrica.

Cada uno de estos ejes abrió la conversación a un conjunto de tópicos (véase el Cuadro 1; más antecedentes en el Anexo 3).

Las entrevistas se realizaron en dos períodos, del 11 al 15 de noviembre de 2019, y del 25 al 27 del mismo mes.

PRIMER TALLER DE DEVOLUCIÓN DE HALLAZGOS

El día 13 de diciembre de 2019, en las dependencias de la Ilustre Municipalidad de Chépica, se realizó el Primer taller de devolución de hallazgos (Figura 3). Este taller tuvo por objetivo revisar los desafíos de gobernanza del agua encontrados, retroalimentarlos con los actores involucrados en la seguridad alimentaria e hídrica y la resiliencia climática de la subcuenca del río Tinguiririca, y explorar conjuntamente brechas a abordar para subsanarlos. Se convocó a participar en el evento a las personas entrevistadas el mes de noviembre (véase el Anexo 1). En términos metodológicos, el taller consistió en presentaciones, un trabajo en grupos y en sesión plenaria, moderado por el equipo FAO y estructurado de la siguiente manera:

Cuadro 1. Pauta de entrevistas (temas/tópicos)

Temas	Tópicos
Gobernanza	<ul style="list-style-type: none">• Confianza en las instituciones• Coordinación e integración en la gestión del agua• Gestión del conocimiento y la información
Seguridad alimentaria	<ul style="list-style-type: none">• Situación de la pequeña agricultura ante la escasez hídrica• Acceso a alimentos por parte de las comunidades rurales• Calidad de las aguas
Resiliencia climática	<ul style="list-style-type: none">• Efectos del cambio climático• Adaptación al cambio climático• Eficiencia hídrica
Seguridad hídrica	<ul style="list-style-type: none">• Disponibilidad de los recursos hídricos• Demanda de recursos hídricos• Balance hídrico

- **Presentación de resultados/hallazgos.** Se presentó la caracterización de la situación actual de la subcuenca del río Tinguiririca, observada a partir de la información secundaria revisada y la percepción de los actores entrevistados.
- **Análisis y priorización de desafíos.** Se entregó a los asistentes una hoja con "desafíos para la gobernanza hídrica de la subcuenca del río Tinguiririca", consistentes en enunciados para ser calificados del siguiente modo: "de acuerdo"/"en desacuerdo" y el "grado de importancia" que este tiene para la seguridad alimentaria, la resiliencia climática y la seguridad hídrica.

- **Identificación de brechas.** Se identificaron las brechas de gobernanza que afectan la subcuenca. Para ello, los asistentes tuvieron a la vista las categorías propuestas por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) que proponen siete tipos de brechas: de políticas, de rendición de cuentas, de financiamiento, de capacidades, de información, administrativas y de objetivos (OCDE, 2015).

Figura 3. Hitos del Taller de devolución y retroalimentación



©FAO / M. Gamboa

©FAO / M. Gamboa

©FAO / M. Gamboa

SEGUNDO TALLER DE DEVOLUCIÓN DE HALLAZGOS: WEBINAR NACIONAL

El día 2 de julio de 2020, entre las 14.00 y las 15.30, se realizó el Segundo taller de devolución de hallazgos, consistente en un webinar a través de la plataforma Zoom. El objetivo de esta actividad fue analizar los resultados del estudio de caso e intercambiar reflexiones respecto de los desafíos, brechas y oportunidades de mejora de la gobernanza y gestión del agua en la subcuenca del río Tinguiririca.

Participaron como expositores en el taller, además del consultor nacional (Víctor Lobos), Sally Bunning (Oficial de la FAO en Sistemas Agrícolas, Tierras y Aguas), Mónica Rodríguez (Jefa División Estudios, Desarrollo y Políticas, Comisión Nacional de Riego), Nicolás Ureta (Jefe Departamen-

to de Organizaciones de Usuarios, Dirección General de Aguas) y Juan García (Director Regional O'Higgins, Instituto de Desarrollo Agropecuario). Para más información sobre las ideas centrales desarrolladas por los participantes del panel, véase el Anexo 4.

Como asistentes, participaron 94 personas, las cuales pudieron ingresar a través de un link, una ID de la reunión y una contraseña, que les fue enviada a través de una invitación por correo electrónico junto al informe previo a la presente publicación. Estos participantes tuvieron la posibilidad de hacer preguntas y comentarios al panel de expositores durante el webinar, así como observaciones y comentarios al informe a través de correo electrónico dirigido a la Representación de la FAO en Chile.





PRIMERA PARTE: ANÁLISIS DE CONTEXTO NACIONAL DE LA GOBERNANZA DEL AGUA

MARCO LEGAL DEL AGUA EN CHILE

El principal cuerpo legal de Chile es la Constitución Política de 1980, refundido en el Decreto 100 promulgado el 17 de septiembre de 2005. Esta señala lo siguiente en relación a los derechos y el agua:

Art. 19. La Constitución Política asegura a todas las personas: [...] 24° - **El derecho de propiedad** en sus diversas especies sobre toda clase de bienes corporales o incorporales. **Sólo la ley puede establecer el modo de adquirir la propiedad**, de usar, gozar y disponer de ella y las limitaciones y obligaciones que deriven de su función social [...] **Nadie puede, en caso alguno, ser privado de su propiedad**, del bien sobre que recae o de alguno de los atributos o facultades esenciales del dominio, sino en virtud de ley general o especial que autorice la **expropiación por causa de utilidad pública o de interés nacional**, calificada por el legislador [...] **Los derechos de los particulares sobre las aguas**, reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarán a sus titulares la propiedad sobre ellos.

Un segundo nivel normativo son las leyes orgánicas que se catalogan según su materia. En relación al agua se destaca el Código Civil y el Código de Aguas, que señalan lo siguiente:

Código Civil (DFL 1/2000)

Art. 589. Se llaman **bienes nacionales aquellos cuyo dominio pertenece a la nación toda**. Si además su uso pertenece a todos los habitantes de la nación, como el de calles, plazas, puentes y caminos, el mar adyacente y sus playas, se llaman **bienes nacionales de uso público o bienes públicos**. Los bienes nacionales cuyo uso no pertenece generalmente a los habitantes, se llaman bienes del Estado o bienes fiscales.

Art. 595. **Todas las aguas son bienes nacionales de uso público.**

Código de Aguas (DFL 1.122/1981, 2018)

Art. 2. Las aguas terrestres son **superficiales o subterráneas**. Son aguas superficiales aquellas que se encuentran naturalmente a la vista del hombre y pueden ser **corrientes o detenidas**. Son aguas corrientes las que escurren por cauces naturales o artificiales. Son aguas detenidas las que están acumuladas en depósitos naturales o artificiales. [...]

Art. 4. Atendida su naturaleza, las aguas son muebles, pero destinadas al uso, cultivo o beneficio de un inmueble **se reputan inmuebles**.

Art. 5. Las **aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas**, en conformidad a las disposiciones del presente código.

Art. 6. El derecho de aprovechamiento **es un derecho real que recae sobre las aguas y consiste en el uso y goce de ellas**, con los requisitos y en conformidad a las reglas que prescribe este Código [...] **Si el titular renunciare total o parcialmente a su derecho de aprovechamiento, deberá hacerlo mediante escritura pública** que se inscribirá o anotará, según corresponda, en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente.

Art. 8. **El que tiene un derecho de aprovechamiento lo tiene, igualmente, a los medios necesarios para ejercerlo**. Así, el que tiene derecho a sacar agua de una fuente situada en la heredad vecina, tiene el derecho de tránsito para ir a ella.

Art. 181. El titular de un derecho de aprovechamiento [...] que estimare estar siendo perjudicado en el aprovechamiento de las aguas, por obras o hechos recientes, **podrá ocurrir ante el Juez competente a fin de que se le ampare en su derecho**.

Otras leyes orgánicas chilenas relacionadas con el agua y la agricultura son las siguientes:

Ejecución de Obras de Riego Fondos Fiscales (DFL 1.123/1981)

Art. 1. Todas las obras de riego que se ejecuten con fondos fiscales [...] **deberán haber sido previamente evaluadas y aprobadas por la Comisión Nacional de Riego.**

Art. 3. La Dirección de Riego podrá ordenar la confección del proyecto definitivo **si los interesados que representen a lo menos el 33% de los nuevos terrenos por regar** o el 33% de los derechos de aprovechamiento cuando se trate de obras de uso múltiple manifiesten por escrito que aceptan el anteproyecto a que se refiere el artículo anterior.

Art. 4. Sólo se podrá ejecutar el proyecto cuando el precio de los terrenos, más el costo de las obras por construir no sea superior al **valor comercial de terrenos regados similares de la misma región.**

Art. 11. Las obras de riego construidas con arreglo al presente decreto con fuerza de ley, **podrán ser administradas por el Estado durante el plazo no mayor de cuatro años** contado desde la terminación de ellas, que se denominará de explotación provisional y que será fijado por la Dirección de Riego. **El costo de la explotación por el Estado será de cargo de los usuarios** en la forma que establezca el Reglamento.

Ley Fomento del Riego (Ley 18.450/1985)

Art. 1. El Estado, por intermedio de la Comisión Nacional de Riego, **bonificará el costo de estudios, construcción y rehabilitación de obras de riego o drenaje**, así como de proyectos integrales de riego o drenaje que incorporen el concepto de uso multipropósito [...] cuyos proyectos **sean seleccionados y aprobados** en la forma que se establece en esta ley [...] Asimismo, se bonificarán los gastos que involucren la organización de comunidades de aguas y de obras de drenaje [...] **La Comisión considerará objetivos ambientales** en los proyectos de riego bonificados por la ley, siendo susceptibles de bonificación

las inversiones cuyos sistemas productivos **impidan la degradación del suelo, de la biodiversidad o cualquier tipo de daño ambiental.**

Ley de Servicios Sanitarios (DFL 382/1988)

Art. 1. Están comprendidas [...] Las disposiciones relativas al régimen de explotación de servicios públicos destinados a **producir y distribuir agua potable y a recolectar y disponer aguas servidas**, servicios denominados en adelante, **servicios sanitarios** [...] Las disposiciones relativas al régimen de **concesión para establecer, construir y explotar** servicios sanitarios [...] **La fiscalización** del cumplimiento de las normas relativas a la prestación de los servicios sanitarios [...] **Las relaciones entre las concesionarias** de servicios sanitarios y de éstas con el Estado y los usuarios.

Art. 5. Es un servicio público de producción de agua potable, cuyo objeto es producir agua potable para un servicio público de distribución. Es servicio público de **distribución** de agua potable, aquel cuyo objeto es prestar dicho servicio, a través de las **redes públicas** exigidas por la urbanización conforme a la ley, **a usuarios finales obligados a pagar un precio** por dicha prestación. Es **servicio público de recolección de aguas servidas**, aquel cuyo objeto es prestar dicho servicio, a través de las redes públicas exigidas por la urbanización conforme a la ley, a usuarios finales obligados a pagar un precio por dicha prestación. Es **Servicio público de disposición de aguas servidas**, aquel cuyo objeto es disponer las aguas servidas de un servicio público de recolección.

Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Ley 19.300/1994)

Art. 1. **El derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación**, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la **conservación del patrimonio ambiental** se regularán por las disposiciones de esta ley, sin perjuicio de lo que otras normas legales establezcan sobre la materia.

Art. 33. El Ministerio del Medio Ambiente administrará la información de los **programas de medición y control de la calidad ambiental del aire, agua y suelo** para los efectos de velar por el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación. [...]

Además de lo anterior, el Artículo 32 establece la facultad del Ministerio del Medio Ambiente de promulgar **normas primarias y secundarias de calidad ambiental**, con el objeto de salvaguardar la vida o la salud de la población (normas primarias), así como proteger el medio ambiente o preservar la naturaleza (normas secundarias). Según el Artículo 40, la autoridad ambiental tiene la potestad de proponer, facilitar y coordinar la dictación de **normas de emisión** que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora.

Ley de Concesiones de Obras Públicas (DFL 164/1991 – Modificado por Decreto 900/1996)

La Ley de Concesiones faculta al Ministerio de Obras Públicas (MOP) para otorgar en **concesión toda obra pública**. Genera un régimen normativo de derecho público entre el Estado y el Concesionario. **Somete todo contrato al sistema de licitación pública**. Es un sistema abierto a los proyectos de iniciativa privada con claros incentivos para ello. Incorpora un sistema conciliatorio además del resguardo judicial de los derechos del contrato. Establece sistemas de garantías a los financistas. El adjudicatario deberá constituir una **sociedad anónima chilena sometida** a la fiscalización de la Superintendencia de Valores y Seguros del país. La concesión debe prestar dos tipos de servicios: Servicios Básicos y Servicios Complementarios.

Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal (Ley 20.283/2008)

Art. 16. El plan de manejo forestal dispuesto en el artículo 5° requerirá, además, **para toda corta de bosque nativo** de conservación y protección, de una fundada justificación técnica de los métodos de corta que se utilizarán, así como de las **medidas que se adoptarán con los objetivos de proteger los suelos, la calidad y cantidad de los caudales de los cursos de agua** y la conservación de la diversidad biológica y

de las medidas de prevención y combate de incendios forestales. De igual forma, el plan de manejo respetará los corredores biológicos que el Ministerio de Agricultura hubiere definido oficialmente. [...]

Art. 8 Transitorio. [...] **Prohíbese la intervención de árboles y arbustos nativos en los terrenos alejados a manantiales, cuerpos y cursos naturales de agua.** [...]

Ratificación Convenio 169 de la OIT de 1989 (Decreto 236/2008)

Art. 13. [...] los **gobiernos deberán respetar la importancia especial que para las culturas y valores espirituales de los pueblos interesados reviste su relación con las tierras o territorios**, o con ambos, según los casos, que ocupan o utilizan de alguna otra manera, y en particular los aspectos colectivos de esa relación.

Art. 15. Los derechos de los pueblos interesados a los **recursos naturales existentes en sus tierras deberán protegerse especialmente**. Estos derechos comprenden el derecho de esos pueblos **a participar en la utilización, administración y conservación de dichos recursos**.

MARCO INSTITUCIONAL

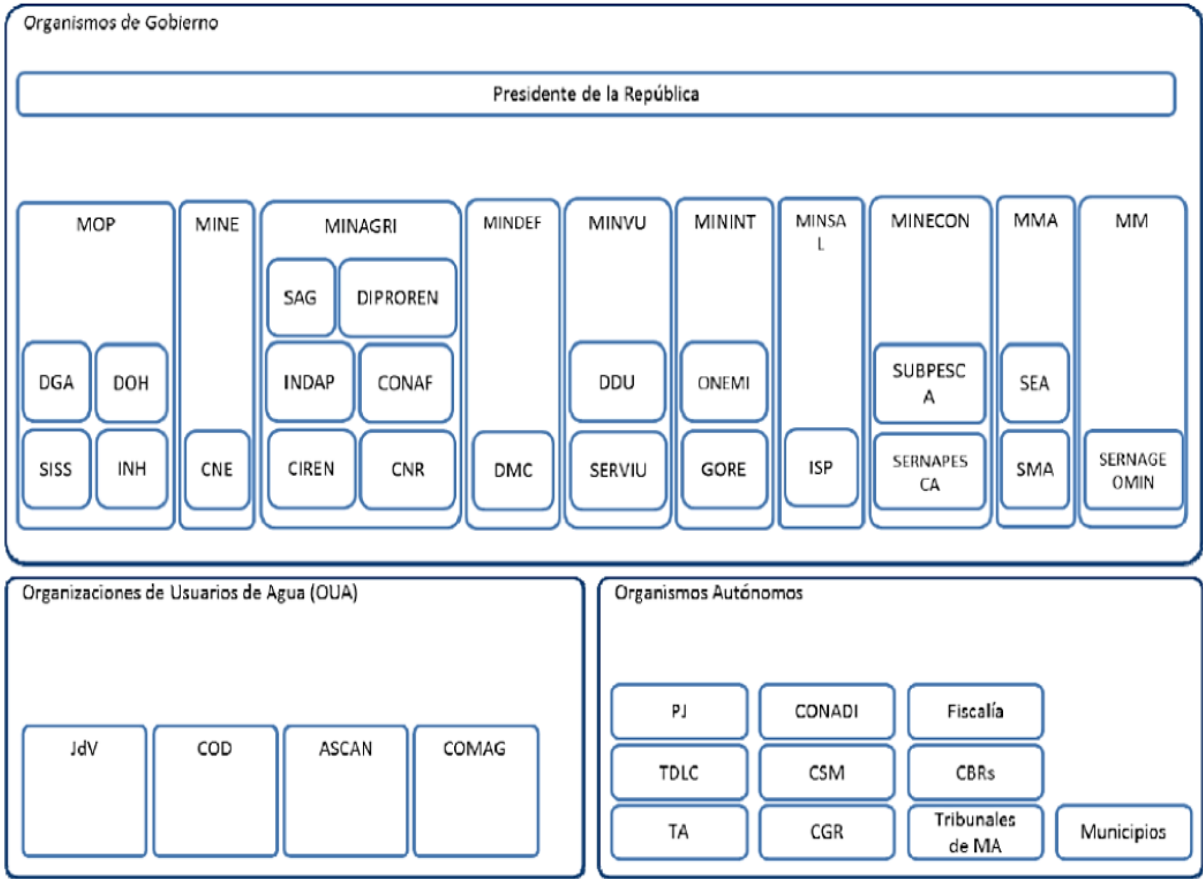
La principal institución es la Dirección General de Aguas (DGA), órgano dependiente del Ministerio de Obras Públicas, encargada de fiscalizar el uso del agua a través los siguientes instrumentos, señalados en el Código de Aguas:

- Decreto de Escasez Hídrica (Art. 314);
- Declaraciones de Agotamiento (Art. 282);
- Áreas de Restricción (Art. 63);
- Zonas de Prohibición (Art. 65);
- Decreto de Reserva de Caudales (Art. 147 bis).

Entre 2010 y 2011, el Gobierno de Chile y el Banco Mundial (BM) elaboraron un informe de diagnóstico de la gestión de los recursos hídricos en Chile (BM, 2013). Este estudio identificó 43 organismos vinculados a la gestión del agua, de naturaleza y de jerarquía muy diversa, abarcando desde asociaciones de canalistas (ASCAN) hasta ministerios públicos, pasando por institutos, direcciones, corporaciones, comisiones y superintendencias, hasta los tribunales de justicia (Figura 4).

Adicionalmente, se mapearon estos organismos de acuerdo con 11 macrofunciones principales (Figura 5). Se identificaron tres tipos de organismos: los organismos líderes en la ejecución de la macrofunción (marcados con un número 3), los organismos que tienen un papel operativo en el desempeño de ésta (marcados con un número 2) y los organismos que acompañan o cumplen un papel de apoyo para su desarrollo (marcados con un número 1)(BM, 2013).

Figura 4. Organigrama de organismos vinculados a la gestión del agua en Chile



Nota: ASCAN: Asociaciones de Canalistas (Regantes); COD: Comunidades de Obras de Drenaje; COMAG: Comunidades de Aguas; DGA: Dirección General de Aguas; INH: Instituto Nacional de Hidráulica de Chile; JdV: Juntas de Vigilancia; MNE: Ministerio de Energía; MOP: Ministerio de Obras Públicas; PJ: Poder Judicial; TDLC: Tribunal de la Defensa de la Libre Competencia.

Fuente: Banco Mundial, 2013.

Figura 5. Rol de las instituciones en el desempeño de las 11 macrofunciones

Institución →	Autónomos													Usuarios				Gubernamentales																																
	MIP	PI	TELIC	TA	TVMA	CONAGH	CHVS	CBR	CBR Y N	Municipios	FIN	COD	ASCAN	CONAGE	MCP	DGA	DOH	SISS	ENH	MINE	ONE	MINAGRI	SAG	EXPEREN	INDAP	CHR	CONAF	CBRN	MINVU	DDU	SERVU	DMC	COPE	ONEVI	MINSA	ESP	MINECON	SUBPESCA	SERNAPESCA	MINVA	SIA	SVA	SERNAGEMIN	CONADI						
GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS																																																		
1. Operación del sist. de inf. comunicación, ciencia y tecn. del agua								1				1		1	3	2	2	2	1	2		1				2	1								2	1	1				2				2					
2. Formulación y seguimiento de políticas y planes hídricos																2			1	1		3	2	1	1	1	1	1	2												2	1	1	1						
3. Administración de DAA y sus mercados	2							2				2	1	1	3	1	1					1		1	1																	1				1				
4. Prevención y atención de emergencias									1		1				3	2	2				1	1																		2	1				2			1		
DESARROLLO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS																																																		
5. Diseño, construcción, operación y mantenimiento de infr. hidráulica												1					2	3	1				2					1						1														1		
6. Obras y mejoramiento en cauces naturales y explotación de áridos									1								2	3																														1		
COORDINACIÓN ÍTER SECTORIAL, SOCIAL Y FINANCIERA																																																		
7. Coordinación inter sectorial y objetivos sociales ambientales para la GRH																																																		1
8. Instrumentos participativos para la GRH																																																		
9. Instrumentos económicos para la GRH																																																		
FISCALIZACIÓN Y ACCIÓN JUDICIAL																																																		
10. Fiscalización y control	1	2	1							1		1	1		3	1	2				1	1	1	2			2	1										2		1	1	1	2	1	1			1		
11. Acciones judiciales	3		1	1													2		1																															

Fuente: Banco Mundial, 2013.

Aun cuando la participación de más de una institución en la realización de una función específica suele generar complementariedades, en ocasiones, la falta de coordinación o claridad reglamentaria produce superposiciones, duplicidades y vacíos de responsabilidad institucional. Se puede resolver estos problemas mejorando la coordinación, la reglamentación y, en algunos casos, reasignando o transfiriendo funciones de una institución a otra por la vía de con-

venios (BM, 2013). A continuación, se presentan algunos ejemplos de superposiciones o duplicidades que afectan el desempeño de las macrofunciones:

- **Obtención y difusión de información hidrológica y meteorológica:** Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), DGA, Dirección Meteorológica de Chile (DMC), Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), MNE y Servicio de Vivienda y Urbanismo (SERVIU).

- **Realización y actualización de balances hídricos:** DGA y CNR.
- **Monitoreo de acuíferos:** DGA, Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), Ministerio de Medio Ambiente (MMA), y SISS.
- **Desarrollo de estudios de cambio climático:** DGA, SISS, DMC, MMA, MNE, Comisión Nacional de Energía (CNE), CNR y la Academia.
- **Constitución de derechos de aprovechamiento de aguas (DAA):** DGA, Contraloría General de la República (CGR), Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado (DIFROL) y Tribunales de Justicia.
- **Regularización y perfeccionamiento de DAA:** Tribunales de Justicia con participación de la DGA y la colaboración de CNR, Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) e Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP).
- **Constitución de las organización de usuarios de aguas (OUA):** DGA, CNR, DOH y el INDAP.
- **Fomento a la generación de conocimiento técnico:** MMA, DGA, DOH, CNR y grupos privados, sin potestades legales, entre los que destacan las universidades, think tanks, organizaciones no gubernamentales (ONG), etc.
- **Monitoreo de la calidad del agua:** MMA, DGA, SISS, Dirección de Protección de los Recursos Naturales (DIPROREN), SMA y Ministerio de Salud (MINSAL).

Entre los principales vacíos funcionales identificados, destaca: (i) la ausencia de organismos encargados de proponer políticas nacionales sobre aguas e implementación de las mismas y de planificación del recurso hídrico a nivel de las cuencas que permita generar una visión integrada, coherente y sustentable de mediano y largo plazo para su desarrollo; (ii) la ausencia en la coordinación de la gestión a nivel de cuenca que permita la evaluación y resolución de conflictos (no judiciales) entre sectores y entre distintos actores, con visiones o intereses contrapuestos; y (iii) la falta de fiscalización, policía y vigilancia del recurso hídrico (responsabilidad asignada tanto a las OUA como a la DGA).

En relación a la agricultura, destaca la ausencia de políticas, normas y regulación para la contaminación hídrica ejercida de forma sistemática, con disposiciones reglamentarias claras y uniformes. No se cuantifica ni monitorea la contaminación del recurso hídrico debido a la práctica del riego. La DGA solo evalúa el impacto del derecho consuntivo como un caudal extraído y no los impactos indirectos derivados de su consumo efectivo, reúso o retornos (BM, 2013).

MARCO POLÍTICO

Entre los años 1999 y 2015, diversos organismos del Estado han desarrollado esfuerzos bajo diferentes gobiernos para generar lineamientos de política y estrategias para el recurso hídrico en Chile.

Estrategia Nacional de Recursos Hídricos (ENRH)

Publicada el año 2013 bajo la primera administración del Gobierno del presidente Sebastián Piñera, la ENRH considera que la agroindustria es el principal usuario del agua, con alrededor del 73% de las extracciones (MOP, 2013). Asimismo, identifica aspectos prioritarios y fija desafíos a enfrentar a medida que aumente la competencia por el agua, crezcan las interdependencias entre los usuarios y los conflictos asociados y se intensifiquen las presiones ambientales. Para este efecto, la estrategia establece cinco ejes estratégicos sobre los cuales se enmarca el actuar del Ministerio de Obras Públicas y, en especial, el de la Dirección General de Aguas, para conciliar los distintos intereses y usos, la elaboración de políticas y la generación de reformas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ejes estratégicos y desafíos de la Estrategia Nacional de Recursos Hídricos

Ejes estratégicos	Desafíos prioritarios
1. Gestión eficiente y sustentable	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer política que incentive la gestión integrada de los recursos hídricos • Protección de la calidad de los recursos hídricos • Protección de la cantidad de los recursos hídricos
2. Mejorar la institucionalidad	<ul style="list-style-type: none"> • Avanzar en la creación de una nueva institucionalidad de aguas • Mejorar la información disponible
3. Enfrentar la escasez	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de embalses • Infiltración artificial de acuíferos • Desalación de agua de mar • Exploración de fuentes no convencionales de agua
4. Equidad social	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar el abastecimiento de agua potable a las comunidades rurales semiconcentradas • Fortalecer el marco institucional aplicable al financiamiento, construcción y administración de los sistemas de agua potable rural y saneamiento de aguas servidas
5. Ciudadanía informada	<ul style="list-style-type: none"> • Promover una cultura de conservación del agua

Política Nacional para los Recursos Hídricos (PNRH)

Publicada el 2015 bajo la segunda administración de la Presidenta Michelle Bachelet, señala que el recurrente y prolongado período de sequía que afecta al país ha puesto en evidencia la urgente necesidad de articular los distintos actores involucrados. Asimismo, sostiene que el desafío de convertir a Chile en una "potencia agroalimentaria" en un contexto de cambio climático, requiere aumentar las superficies de riego a través de la construcción de nuevos embalses y canales de regadío, así como mejorar la eficiencia del uso del agua (MinInterior, 2015). El objetivo principal de la política es garantizar a las generaciones actuales y futuras, la disponibilidad y acceso al agua en estándares de calidad y cantidad adecuados mediante el uso racional y sustentable.

La PNRH está orientada a asignar un nuevo rol al Estado y rediseñar la institucionalidad pública, incorporando mayores grados de descentralización y una mayor capacidad operativa de los gobiernos regionales. También propone avanzar en nuevas formas de ordenamiento territorial, como un pilar central de la distribución y la disponibilidad de los recursos hídricos en el territorio. Adicionalmente, a través de esta política, se aspira a complementar la mirada del territorio nacional desde una visión longitudinal (norte-sur), que orienta la construcción de las principales vías de comunicación, con una transversal (cordillera a mar), que tome debidamente en cuenta el sentido de las cuencas hidrográficas y los procesos productivos que allí se desarrollan. La PNRH se estructura en torno a cuatro ejes de trabajo y 13 líneas de acción (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ejes de trabajo y líneas de acción de la Política Nacional para los Recursos Hídricos

Ejes de trabajo	Líneas de acción
1. El Estado como agente responsable y participativo	<ul style="list-style-type: none"> • La gestión integrada de los recursos hídricos como política nacional • Fortalecimiento de las instituciones públicas vinculadas con la gestión y administración de los recursos hídricos • Creación y fortalecimiento de un sistema de información útil para la ciudadanía y los diferentes sectores • Creación de una nueva cultura en el uso eficiente de los recursos hídricos • Apoyo en el desarrollo energético sustentable del país
2. Medidas para enfrentar el déficit hídrico	<ul style="list-style-type: none"> • Reorientar los instrumentos públicos y recursos para enfrentar los desequilibrios hídricos • Aumento de la oferta y disponibilidad de los recursos hídricos • Impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar disponibilidad y ahorro de los recursos hídricos
3. Marco regulatorio para los recursos hídricos	<ul style="list-style-type: none"> • Reforma constitucional • Modificaciones al Código de Aguas • Proyecto de ley que regula los servicios sanitarios rurales
4. Fortalecimiento en la participación de las organizaciones sociales	<ul style="list-style-type: none"> • Fortalecimiento de la participación de la ciudadanía y organizaciones sociales • Potenciar la capacitación de las organizaciones de agua en el ámbito técnico, administrativo, comunitario y legal

Mesa nacional del agua

El 9 de octubre de 2019, el presidente Sebastián Piñera convocó a la Mesa nacional del agua, una instancia de carácter público-privado cuya misión es la búsqueda de soluciones de mediano y largo plazo para afrontar la crisis hídrica que enfrenta el país. La mesa está liderada por el Ministro de Obras Públicas y está integrada por 26 representantes provenientes del Congreso Nacional, la sociedad civil y el Gobierno. Los objetivos que orientan el trabajo de la mesa son: (i) establecer los contenidos centrales de una política hídrica de largo plazo; (ii) proponer la infraestructura

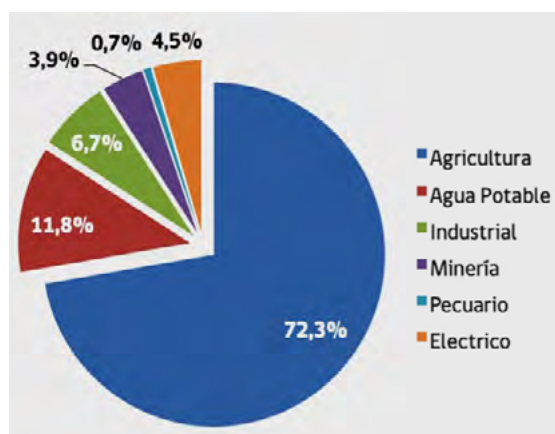
hídrica necesaria y la forma de gestión del agua en las cuencas en el mediano y largo plazo; y (iii) definir los principios básicos del marco legal e institucional para sustentar la política hídrica de largo plazo.

En su primer informe (marzo de 2020), la mesa definió un consenso en torno a tres desafíos principales en materia de aguas que enfrenta el país: (i) seguridad hídrica; (ii) calidad de las aguas y ecosistemas relacionados; y (iii) marco legal. Estos desafíos se descomponen en 12 ejes temáticos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Ejes temáticos para los desafíos de Chile en materia de aguas

Desafíos	Ejes temáticos	Ejes temáticos transversales
Seguridad hídrica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acceso universal al agua y al saneamiento 2. Plan de infraestructura hídrica e incorporación de nuevas fuentes de agua 3. Planificación estratégica de cuencas 	<ol style="list-style-type: none"> 10. Investigación e información pública 11. Eficiencia hídrica y educación sobre el uso del agua 12. Financiamiento
Calidad de las aguas y ecosistemas relacionados	<ol style="list-style-type: none"> 4. Protección de los ecosistemas 5. Gestión sustentable de acuíferos 6. Protección de glaciares 	
Marco legal	<ol style="list-style-type: none"> 7. Identificación de principios básicos 8. Institucionalidad pública 9. Institucionalidad a nivel de cuenca 	

Figura 6. Distribución de demanda consuntiva por sector, año 2015



Fuente: DGA, 2017.

USOS DEL AGUA EN CHILE

Según datos disponibles en el informe, "Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile" (DGA, 2017), las extracciones de agua ascienden a 4 900 m³/s, equivalentes a 166 000 millones de m³/año. Se observa en la Figura 6 que el sector agrícola es el mayor usuario de agua consuntiva en Chile con un 72%, seguido por el agua potable, consumo industrial y uso minero, con un 12%, 7% y 4%, respectivamente (el 5% restante está asociado al sector pecuario y al uso consuntivo en generación eléctrica).

Hacia el futuro se proyecta que la demanda de agua siga creciendo. En este sentido, estudios de la DGA (2017) proyectan un aumento de 4,5% en la demanda consuntiva al 2030 y de 9,7% al 2040.

Según señala el estudio, "Radiografía del Agua" (Fundación Chile, 2018), el desglose de la huella hídrica (HH) se dimensiona en el uso y consumo del agua. Según este informe, analizando la captación y consumo desde el punto de vista de los sectores, se observa que el sector de generación eléctrica posee la mayor captación de agua desde el entorno, seguido por el agrícola y el agua potable y saneamiento. Por otro lado, el sector agrícola posee el mayor

consumo de agua proveniente de fuentes superficiales y subterráneas equivalente a 187 m³/s, lo que representa el 87% del consumo de HH azul a nivel nacional. Este sector, al igual que el forestal, también utiliza agua de lluvia para una parte importante de su producción de secano (53 m³/s es el volumen de HH verde, lo que representa un 22% de su consumo total de agua). Para los sectores forestal y agrícola que se sostienen de la HH verde, estos datos son relevantes, ya que se ha registrado en los últimos 15 años una disminución de las precipitaciones.





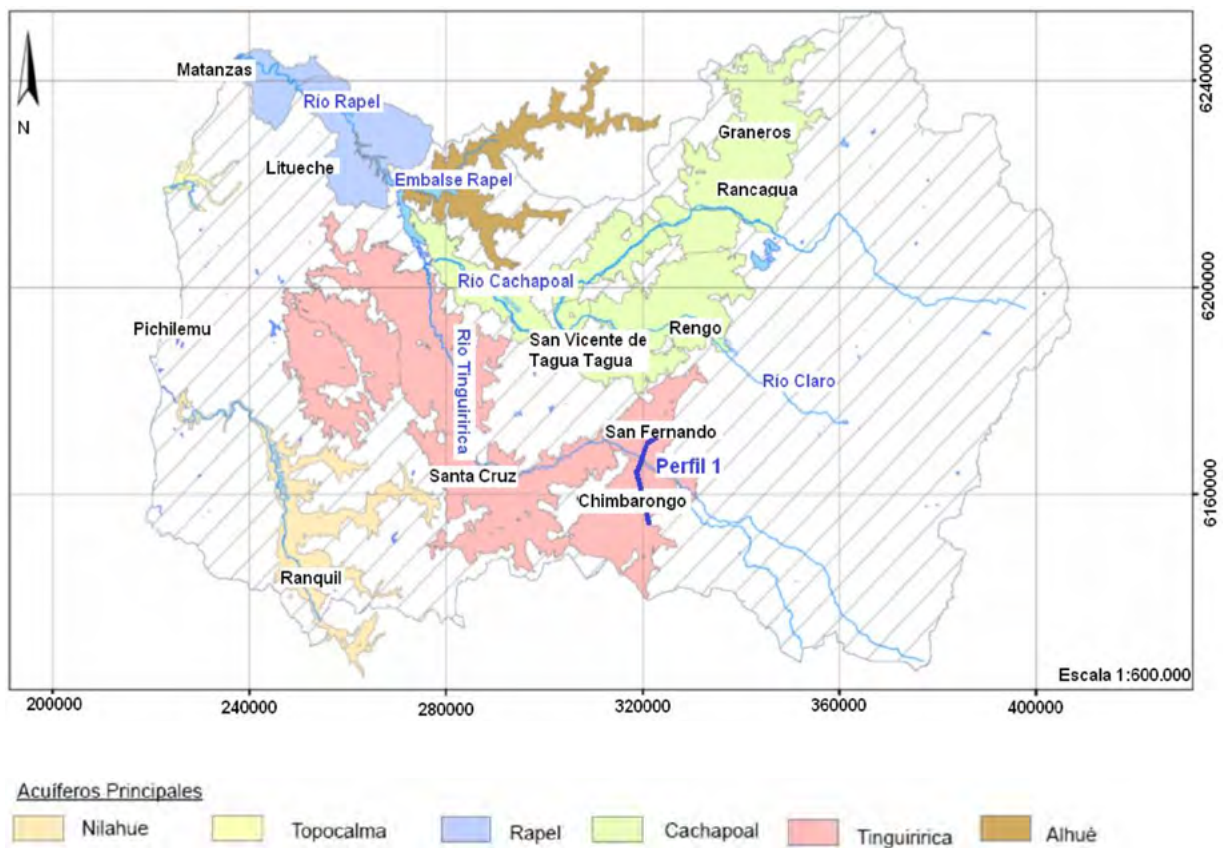
SEGUNDA PARTE: CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA

UBICACIÓN Y DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

El principal sistema hidrográfico de la Región del Libertador Bernardo O'Higgins corresponde a la cuenca del río Rapel, con sus afluentes Cachapoal y Tinguiririca y sus acuíferos (Figura 7). Adicionalmente, existe una serie de cuencas menores emplazadas en la Cordillera de la Costa y que desembocan en el mar, siendo la más importante la del estero Nilahue/Ranquil que desemboca en Cahuil.

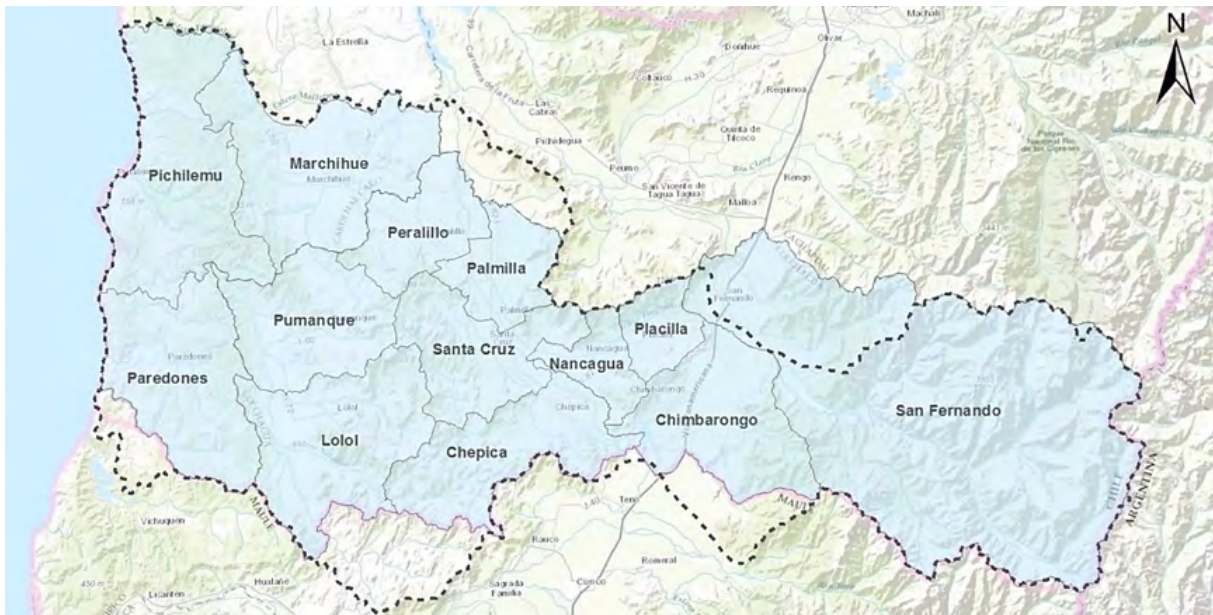
Para efectos de este estudio, se considera como "la subcuenca del río Tinguiririca" a un territorio de 5 471 km² de superficie y que abarca 13 comunas: San Fernando, Placilla, Chimbarongo, Nancagua, Palmilla, Santa Cruz, Chépica, Peralillo, Marchigüe, Pumanque, Lolol, Pichilemu y Paredones. En su tramo final, antes de unirse al río Cachapoal y al estero San Miguel en el embalse Rapel, atraviesa la comuna de Pichidegua (Provincia de Cachapoal). Sus límites corresponden a: la frontera de Argentina por el Este; el Océano Pacífico por el Oeste; las comunas de Litueche, La Estrella, Pichidegua, San Vicente, Malloa, Rengo y Machalí (Región de O'Higgins) por el Norte; y la Región del Maule por el Sur (Figura 8).

Figura 7. Acuíferos de la Región de O'Higgins



Fuente: Benito, 2017.

Figura 8. Comunas de la subcuenca del río Tinguiririca



Fuente: CNR, 2016.

Cuadro 5. Situación demográfica de las 13 comunas que forman parte de la subcuenca

Comuna	Área (km ²)	Población urbana	Población rural	% Rural	Población total 2002	Población total 2017
San Fernando	2 441	57 700	13 959	19,9 (2012)	63 732	73 973
Santa Cruz	419	18 603	13 784	42,6 (2002)	32 387	37 855
Chimbarongo	498	16 889	15 427	47,8 (2002)	32 316	35 399
Nancagua	111	9 264	637	40,7 (2012)	15 634	17 833
Pichilemu	749	9 459	2 933	23,4 (2002)	12 392	16 394
Chépica	503	7 547	6 403	45,9 (2002)	13 951	15 037
Palmilla	237	2 654	8 546	76,3 (2002)	11 200	12 482
Peralillo	283	5 882	3 847	39,5 (2002)	9 729	11 007
Placilla	149	588	5 962	73,8 (2002)	8.078	8 738
Marchigüe	660	2 355	5 010	68,0 (2012)	7 365	7 308
Lolol	597	2 118	4 073	66,3 (2002)	6 191	6 811
Paredones	562	2 195	4 500	68,2 (2002)	6 695	6 188
Pumanque	441	0	3 286	100 (2002)	3 286	3 421
Total	5 471	125 795	83 867	33,0	178 806	252 446

Fuente: INE, 2002; INE, 2012.

La situación demográfica de las comunas se presenta en el Cuadro 5, según el censo (INE, 2002 y 2012); la población

total de la cuenca es de 252 446 habitantes en 2017, de los cuales 33% son rurales, es decir, 83 867 habitantes.

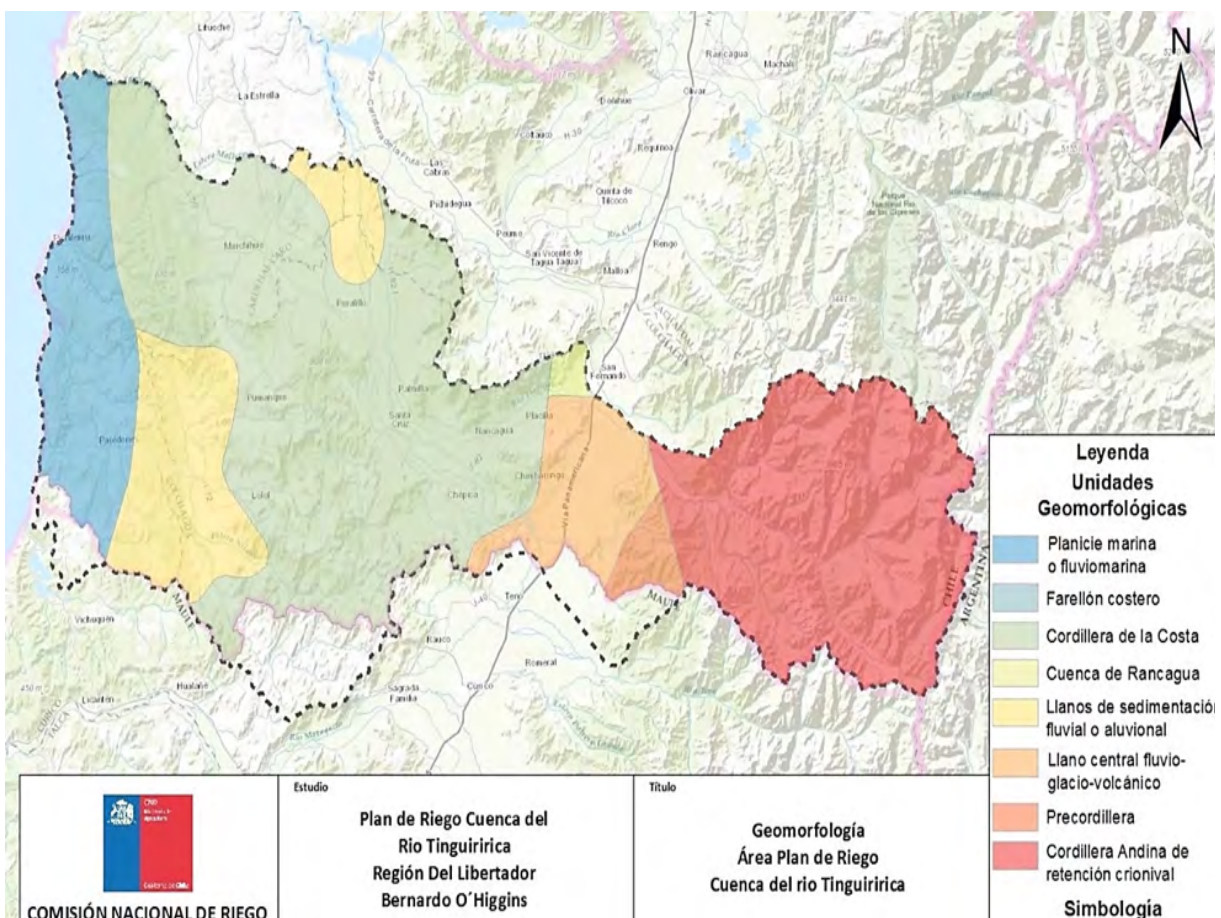
GEOMORFOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

A nivel geomorfológico, la subcuenca presenta planicies litorales, cordillera de la costa, depresión intermedia y la cordillera de los Andes (Figura 9).

En el sector de la cordillera de los Andes, las rocas son de baja permeabilidad y la recarga se materializa en períodos pluviales invernales a través de la infiltración. Los acuíferos son elongados, al alejarse del borde pre-Andino presentan escurrimiento libre, producto de la fragmentación de las ro-

cas que componen el sedimento. En los valles intermontanos y costeros predominan las rocas blandas meteorizadas, generando acuíferos de napa libre, con alta permeabilidad, que tienden a decrecer en profundidad. Las buenas condiciones de recarga del sector costero permiten extracciones permanentes para el abastecimiento de agua potable, como ocurre en la localidad de San Pedro de Alcántara. En el caso de las salinas fluvio-litorales, los estudios demuestran la presencia de acuíferos libres con riesgos de intrusión salina, por lo tanto, su potencial hidrogeológico es medio a bajo, salvo extracciones temporales, locales y/o a partir de norias (CNR, 2016).

Figura 9. Geomorfología de la subcuenca del río Tinguiririca



Fuente: CNR, 2016.

HIDROGRAFÍA

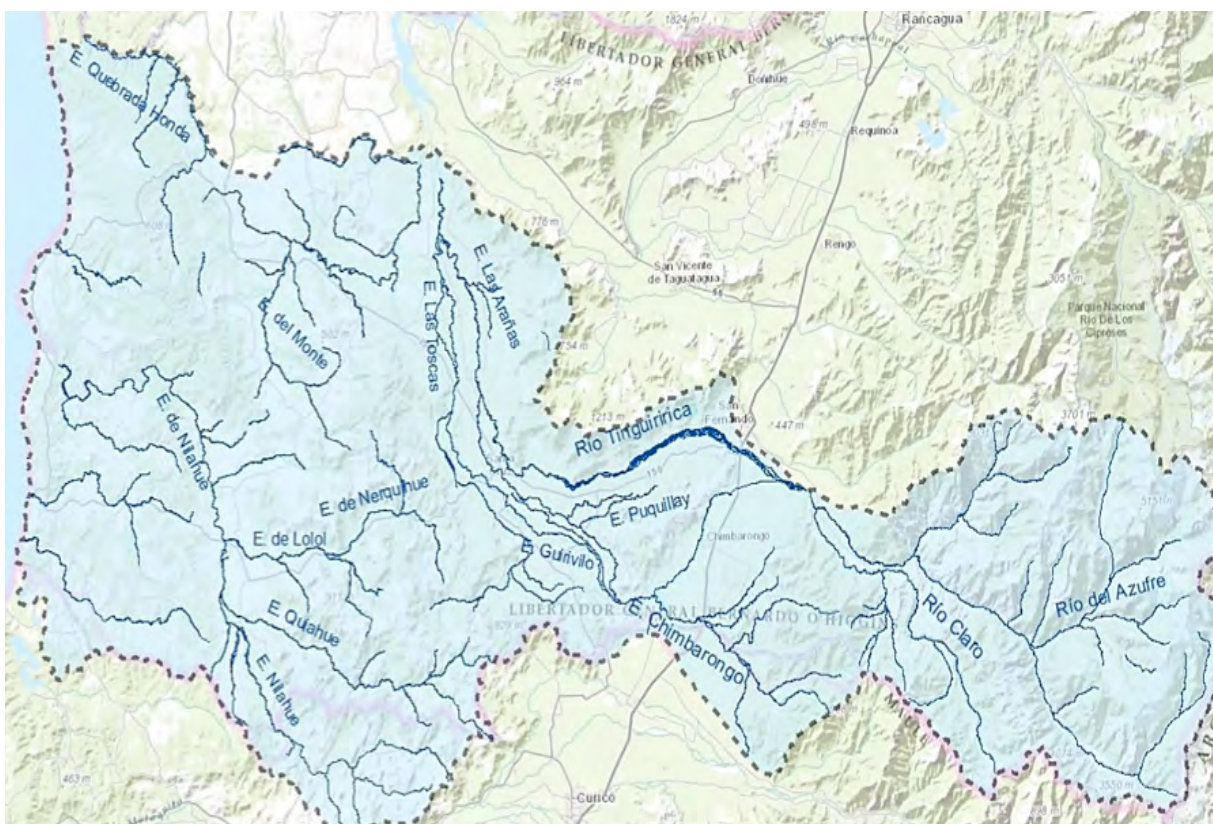
RÍO TINGUIRIRICA

El río Tinguiririca nace en la cordillera de los Andes (Figura 10) de la confluencia de los ríos de las Damas, que nace en las inmediaciones del Volcán Damas, y del Azufre que viene del Norte y que se forma de la unión de los ríos Portillo y San José. Su longitud es de 167 km, antes de confluir con el Cachapoal, recorriendo siete comunas: San Fernando,

Placilla, Nancagua, Santa Cruz, Palmilla, Peralillo y Pichidegua. Tiene un caudal medio anual de 50,2 m³/s en la estación Tinguiririca Bajo Los Briones³.

Su hoya hidrográfica es de 4 730 km² o 473 000 hectáreas, que corresponden al 47% de la subcuenca. De esta superficie (subcuenca), un 82,5% corresponde a suelos agrícolas, un 16% a suelos estériles y un 1,5% a suelos urbanos (Figura 11).

Figura 10. Red hidrográfica de la subcuenca del río Tinguiririca



Fuente: CNR, 2016.

³ La estación río Tinguiririca Bajo Los Briones está ubicada al cierre de la subcuenca río Tinguiririca Alto (518 m n. s. m.), lo que permite conocer los caudales de salida de la subcuenca.

Figura 11. Cauce del río Tinguiririca en la Ruta 5 (arriba) y Santa Cruz (abajo), noviembre de 2019



©FAO / M. Gamboa



©FAO / M. Gamboa

Entre sus numerosos afluentes, destacan el río Claro (esteros Rondadero, Tumunan, La Gloria y Parrón), estero Quintano, estero Chimbarongo (esteros Puquillay o Pudimavida y Guirivilo), estero Las Toscas (esteros Zapal y Lima), estero Las Arañas y estero San Miguel (esteros Las Cadenas, Trinidad, Cherequen, La Rosa, Yervas Buenas, del Monte y Peralillo) (CNR, 2016; SEREMI de Medio Ambiente, 2020). El río Tinguiririca abastece un área de riego de 45 000 hectáreas (ha).

ESTERO CHIMBARONGO

El estero Chimbarongo se origina en un cordón de los cerros Paveza, La Colorada, Alto Zúñiga y de Huemul, que lo separan de los ríos Tinguiririca y Teno. Los principales aportes del estero Chimbarongo provienen de los esteros Arrayanes

y Pidihuinco (cordilleranos); más abajo recibe gran aporte producto de recuperaciones, afloramientos y derrames generados por el riego en la zona alta del río Tinguiririca.

Actualmente, los caudales se regulan a través del embalse Convento Viejo, hasta donde llegan las aguas provenientes del estero Chimbarongo y del río Teno (Región del Maule), a través del canal Teno-Chimbarongo, cuyos derechos pertenecen a Endesa para la central hidroeléctrica Rapel. Su capacidad es de aproximadamente 237 millones de m³. El embalse permite aumentar la seguridad de riego de 38 000 ha del Valle de Chimbarongo, así como incorporar a riego 21 150 ha de secano del valle de Nilahue (Figura 12).

Figura 12. Muro del embalse Convento Viejo (arriba) y cauce aguas abajo (abajo)



©FAO / M. Gamboa



©FAO / M. Gamboa

SEGUNDA PARTE:
Caracterización general de la subcuenca del río Tinguiririca

ESTERO LAS TOSCAS

El estero Las Toscas se encuentra en la Provincia de Colchagua, al suroriente del estero Chimbarongo. En su recorrido atraviesa las comunas de Chépica, Santa Cruz, Peralillo y Palmilla.

El estero se alimenta de derrames y recuperaciones de riego de las zonas que abarca el estero Chimbarongo, dando así origen a 14 canales: de la Fuente, La Granja, Cancha del Alto, La Patagua, Mujica, Yáquil, Peralillo, San Miguel de Calleuque, Pequenes, Bomba estero Lihueimo, Bomba Los Huachos y Bomba Pequenes.

El estero Las Toscas abastece un área de riego de 7 000 ha y 4 000 ha de esteros menores.

ESTERO GUIRIVILO

El estero Guirivilo se ubica en la Provincia de Colchagua, al noroccidente de la comuna de Chépica. Inicia en el sector Los Litres, extendiéndose por Santa Cruz, para terminar su recorrido en el sector de La Finca, donde desemboca al estero Las Toscas.

El caudal del estero Guirivilo se genera a partir de los excedentes que se generan por el riego, en la red de canales del estero Chimbarongo.

ESTERO LAS ARAÑAS

El estero Las Arañas se encuentra en la Provincia de Colchagua, en el límite de la comuna de Palmilla, extendiéndose de Sur a Norte en forma paralela al río Tinguiririca, para terminar desembocando en el estero Las Condenadas.

El caudal del estero Las Arañas se conforma por los excedentes del canal Huicano y por el estero El Cholo.

Se presenta en la Figura 13 el cierre de la subcuenca del río Tinguiririca.

Figura 13. Sector de tributación de las aguas de la subcuenca en el lago Rapel



CUENCAS COSTERAS

Las más importantes cuencas costeras son aquellas de los esteros Nilahue, Paredones y San Pedro de Alcántara, que desembocan en Cahuil, Bucalemu y Boyeruca, respectivamente.

El estero Nilahue drena gran parte de la zona costera de la Región de O'Higgins con una extensión aproximada de 1 770 km² (18% de la subcuenca), siendo sus principales afluentes los esteros Las Cardas, Pumanque, Lolol, Quiahue, Ranguil y El Calvario-Quillay. Su recorrido es de 15 km hasta su unión con el estero Palmilla, junto con el cual forman el estero Cahuil.

El estero Paredones, cuyos principales afluentes son los esteros El Rincón, El Membrillo y Población, recorre 18 kilómetros pasando por los sectores de Lagunillas, Aguadilla, Salinas de Cabeceras, Vegas Muñoz y Lagunas de Bucalemu y desemboca en el mar.

Por su parte, el estero San Pedro de Alcántara posee una longitud de 37 km y pasa por los sectores de Carrizalillo, El Peral, Las Garzas, Los Espinillos y Lo Valdivia; en su des-

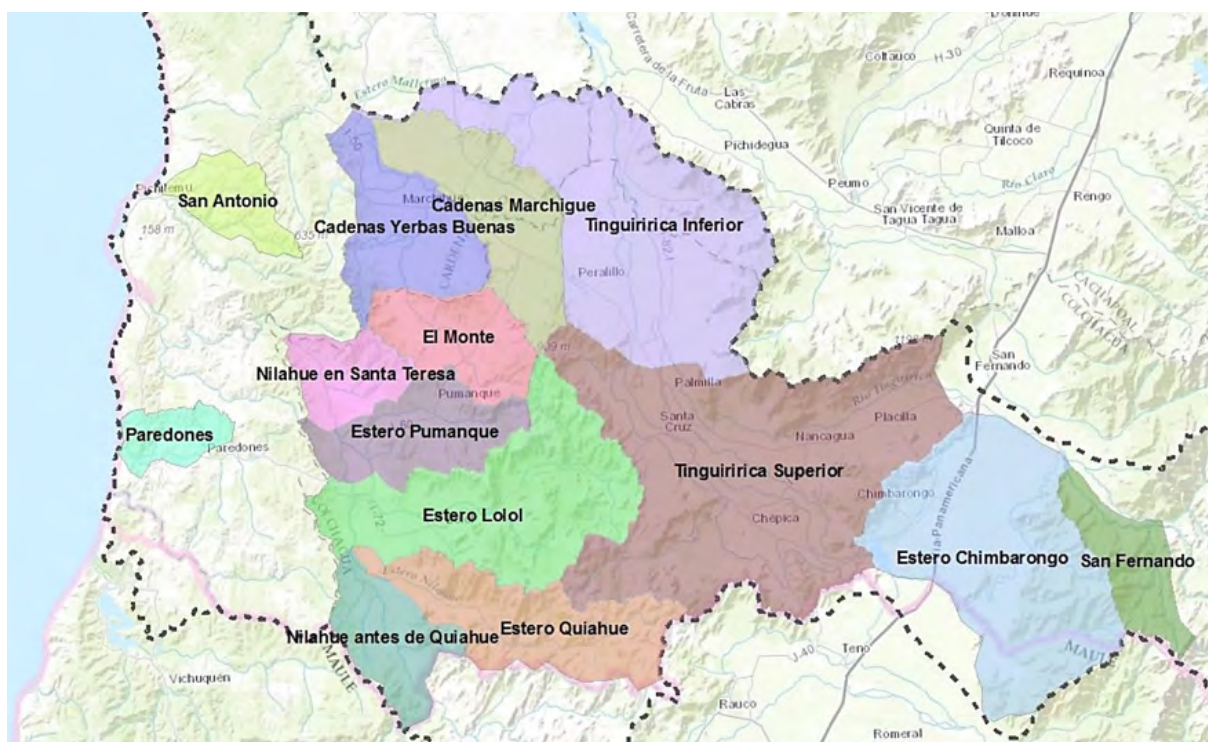
embocadura da origen a la laguna de Boyeruca. El cauce de dicho estero es el límite entre las comunas de Paredones (Región de O'Higgins) y Vichuquén (Región del Maule).

Finalmente, el estero Topocalma y el estero San Antonio desembocan en Punta Topocalma y Pichilemu, respectivamente (CNR, 2016; SEREMI de Medio Ambiente, 2020).

ACUÍFEROS

Los acuíferos más importantes de la subcuenca del río Tinguiririca corresponden a los acuíferos Nilahue y Tinguiririca. El primero se conforma por los acuíferos Nilahue en Santa Teresa, estero Pumanque, estero Lolol, estero Quiahue y Nilahue antes de Quiahue (Figura 14). El segundo corresponde a la rama sur del acuífero Tinguiririca, que presenta una baja profundidad freática hasta confluir al embalse Rapel por el Sur (CNR, 2016).

Figura 14. Principales acuíferos de la subcuenca del río Tinguiririca



Fuente: CNR, 2016.

El acuífero Tinguiririca varía su comportamiento a lo largo de su cauce. Según el informe "Evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la VI región" (DGA, 2005), el acuífero se divide en siete Sectores hidrogeológicos de aprovechamiento común (SHAC): San Fernando, Chimbarongo, Tinguiririca Superior, Tinguiririca Inferior, El Monte, Las Cadenas-Yerbas Buenas, y Estero Las Cadenas- Marchigüe (Cuadro 6).

En la actualidad, gran parte de los acuíferos de la región se encuentra declarada Área de Restricción, lo que faculta a la DGA a otorgar, en dichos sectores, solo derechos a aprovechamiento de aguas subterráneas en calidad de provisionales (sujetos de permanencia de disponibilidad en fuente).

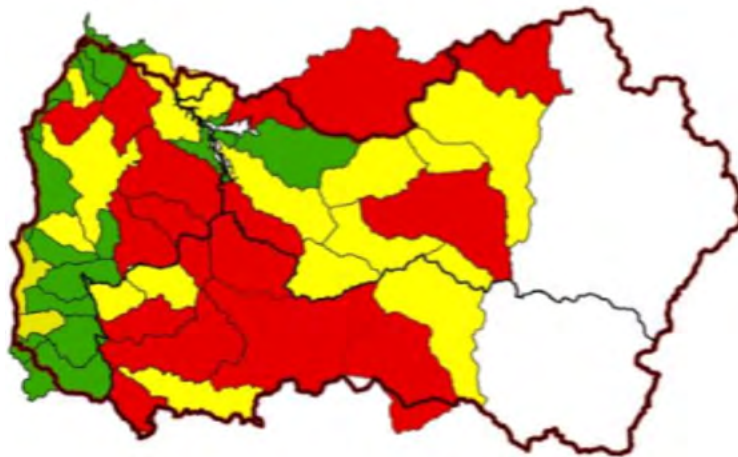
La Figura 15 muestra la situación de los sectores acuíferos al año 2019. En amarillo se observan los sectores acuíferos declarados Área de Restricción, en verde los sectores abiertos para derechos de aprovechamiento en carácter de definitivos y en rojo los sectores en los que actualmente no existe disponibilidad para la constitución de nuevos derechos, encontrándose en vías de declaración de Áreas de Prohibición.

Cuadro 6. Superficie de sectores hidrogeológicos del acuífero Tinguiririca

Acuífero	Sector acuífero		Superficie total acuífero
	Nombre	Superficie (km ²)	km ²
Tinguiririca	Cadenas Marchigüe	258,0	3 785,7
	Cadenas Yerbas Buenas	223,8	
	El Monte	163,4	
	San Fernando	696,4	
	Tinguiririca Inferior	942,2	
	Tinguiririca Superior	927,1	
	Chimbarongo	574,8	

Fuente: DGA, 2005.

Figura 15. Situación regional de las aguas subterráneas al año 2019



Fuente: Dirección General de Aguas Región de O'Higgins, 2019.

En cuanto a los derechos de aguas subterráneas otorgadas y en trámite, según la base de datos actualizada al año 2010, el acuífero Tinguiririca tiene 1 316 derechos constituidos con un caudal total asignado de 16 586 L/s.

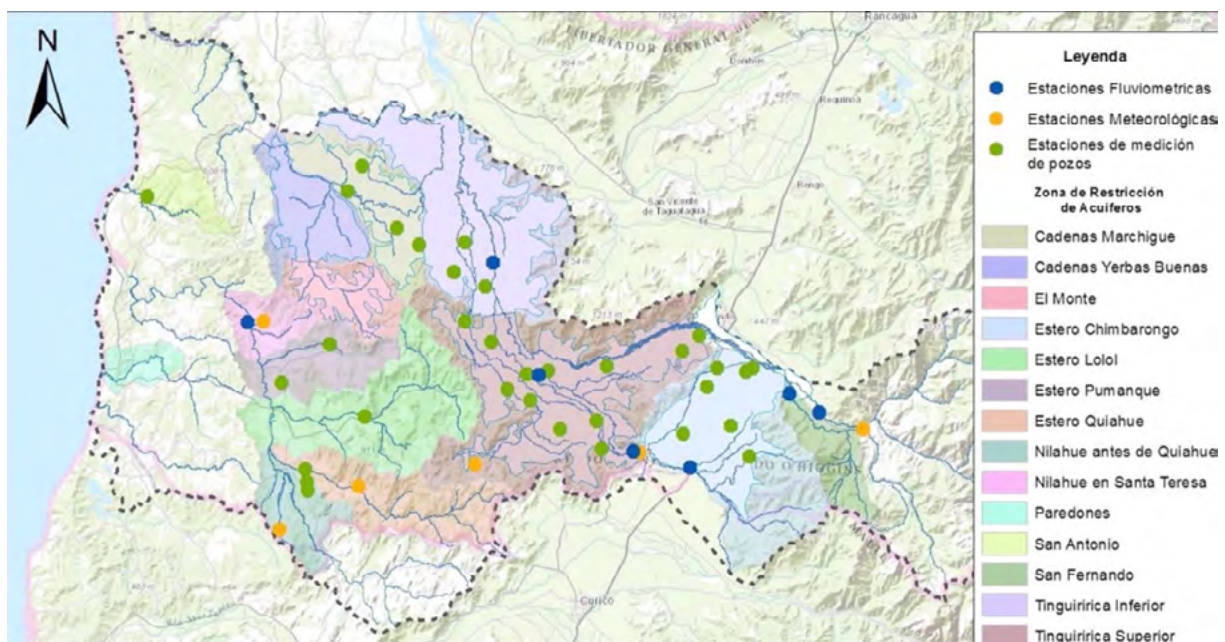
HIDROLOGÍA

El régimen natural del río Tinguiririca es pluvio-nival, es decir, en el período abril-septiembre se desarrollan crecidas violentas debido a precipitaciones líquidas en la precordillera y en el período octubre-marzo se producen deshielos de nieve y glaciares en la alta cordillera. Los montos de precipitación media anual registrados en el sector costero de la subcuenca alcanzan valores aproximados de 638 mm/año (DGA, 2004). Los mayores caudales se registran entre noviembre y enero (deshielos), en tanto el menor caudal se presenta entre los meses de marzo y junio (CNR, 2016).

En el caso de la cuenca del estero Nilahue, el régimen hidrológico es netamente pluvial y la precipitación media de la zona varía entre los 600 y 800 mm (DGA, 2013). En relación a la escorrentía superficial, el caudal promedio anual del estero Nilahue se estimó en 9,6 m³/s (DGA, 2015b).

Las estaciones fluviométricas consideradas por el “Diagnóstico para desarrollar plan de riego en Tinguiririca” son: Los Olmos (Palmilla), río Claro en el Valle (San Fernando), estero Chimbarongo (Ruta 5, Puente El Huape y embalse Convento Viejo), Bajo los Briones (San Fernando) y estero Nilahue (Santa Teresa) (CNR, 2016). Con respecto a los pozos de monitoreo de napas freáticas, las comunas de Paredones y Pichilemu no presentan puntos de monitoreo, y las comunas de Chépica, Lolol y Pumanque presentan considerablemente menos puntos de control de pozos de monitoreo en comparación a las comunas de San Fernando, Chimbarongo, Placilla, Nancagua, Santa Cruz, Palmilla, Peralillo, Pumanque y Marchigüe (Figura 16).

Figura 16. Pozos y estaciones fluviométricas y meteorológicas



Fuente: CNR, 2016.

USOS DEL AGUA

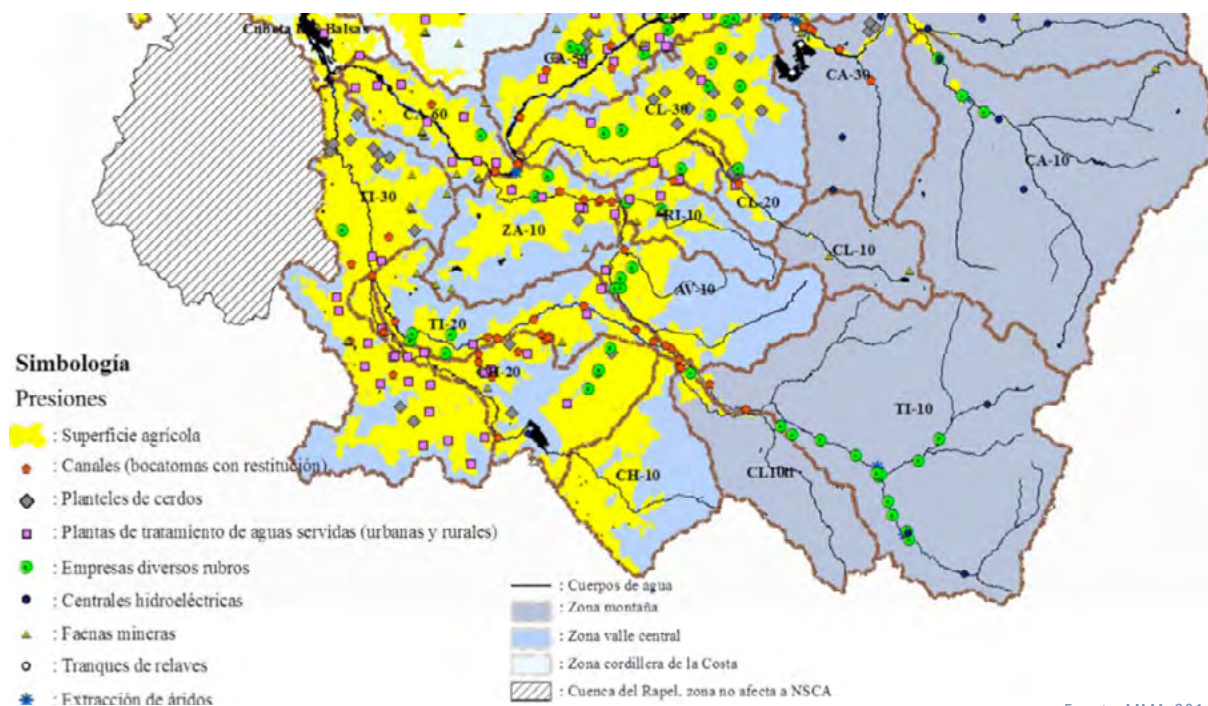
Entre los principales usos del recurso hídrico en la subcuenca del río Tinguiririca, adicionales al consumo humano, destacan el agropecuario, la generación eléctrica e industrial (Figura 17). Gran parte de estas actividades se concentran en la depresión intermedia (valle central), produciendo en esta zona la mayor presión sobre los recursos hídricos (bocatomas, descargas de aguas residuales, entre otros). Estas actividades coexisten con los principales centros poblados de la subcuenca y las descargas de plantas de tratamiento de aguas servidas (PTAS).

USO AGROPECUARIO

En la subcuenca del río Tinguiririca, el mayor uso del recurso hídrico corresponde al sector agropecuario, predominando así el uso consuntivo del agua. Según datos del VII Censo nacional agropecuario y forestal de 2007, la superficie sometida a riego en la subcuenca es de 87 961 ha. Se ilustra en la Figura 18 los rubros agrícolas tradicionales y en expansión en la subcuenca.

El riego masivo comienza a fines del mes de septiembre u octubre, siendo usual en esta época la abundancia de agua en los caudales de los ríos, por lo que los usuarios habilitan las obras de toma y conducción y extraen agua de estas fuentes. Toda esta situación es producida por el deshielo estacional en los meses de octubre, noviembre y diciembre. A partir de febrero (en la actualidad, antes, producto de la sequía que afecta la zona centro-sur del país), los ríos comienzan a someterse a turnos, operación que consiste en repartir el agua de acuerdo con los derechos que tienen los usuarios y que es efectuada por las juntas de vigilancia en los cauces principales y por las asociaciones de canalistas y comunidades de agua en los canales de distribución.

Figura 17. Principales presiones sobre el recurso hídrico



Fuente: MMA, 2016.

Figura 18. Actividades agrícolas presentes en la subcuenca



©FAO / M. Gamboa



©FAO / M. Gamboa



©FAO / M. Gamboa

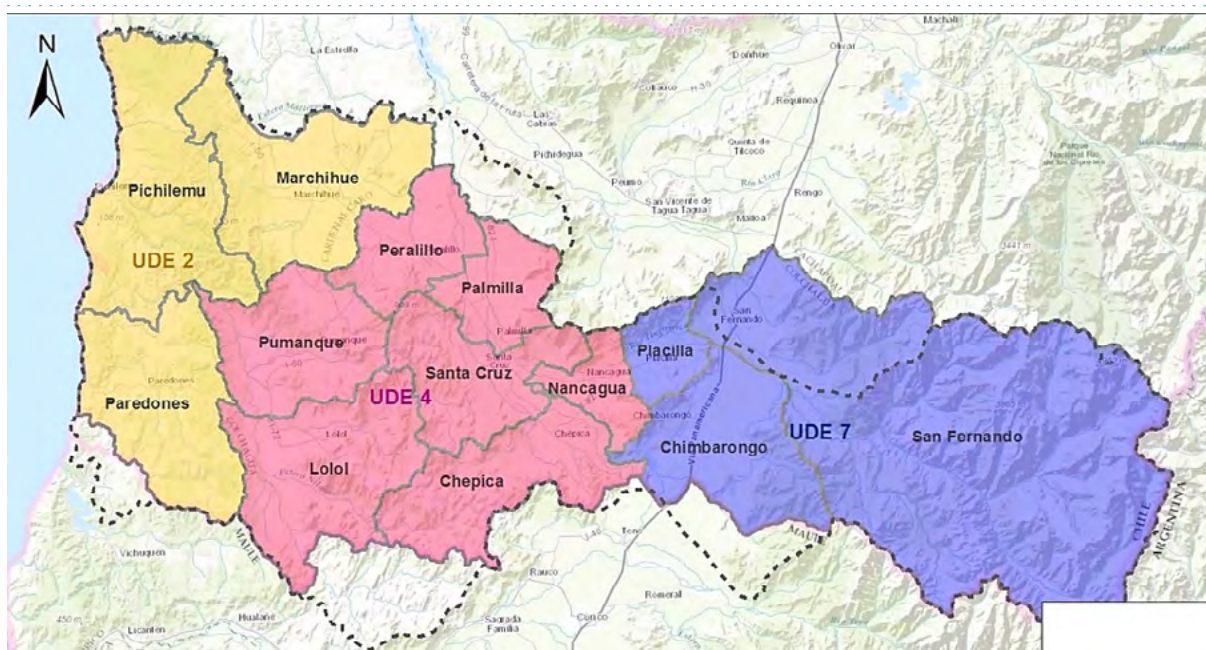


©FAO / M. Gamboa



©FAO / M. Gamboa

Figura 19. Unidades de desarrollo estratégico (UDE) en la Estrategia de Desarrollo Regional de la Región de O'Higgins



Fuente: GORE O'Higgins, 2011.

Para entender la distribución de la producción agropecuaria de la subcuenca, la Estrategia de Desarrollo Regional de la Región de O'Higgins (GORE O'Higgins, 2011) identifica tres Unidades de desarrollo estratégico (UDE) (Figura 19), a saber:

- **UDE 7:** corresponde a las comunas de San Fernando, Placilla y Chimbarongo. El principal afluente es el río Tinguiririca, el cual riega estas tres comunas, además del tramo inicial del estero Chimbarongo. En esta unidad, el desarrollo es principalmente agrícola, quedando rezagado el rubro forestal. Predomina el cultivo de frutales (28%) y cereales (23%).
- **UDE 4:** corresponde a las comunas de Pumanque, Peralillo, Palmilla, Nancagua, Santa Cruz, Chépica y Lolol. Esta unidad tiene sectores de riego abastecidos por el río Tinguiririca y el estero Chimbarongo y sus adyacentes, así como por el embalse Convento Viejo (etapa II) en las comunas de Lolol y Pumanque. Predominan la actividad forestal (31%) y el cultivo de cereales (25%) y viñas (21%).

- **UDE 2:** agrupa a las comunas del seco costero, tales como Pichilemu, Paredones y Marchigüe. Presenta una alta cantidad de explotación forestal (89%) y un menor desarrollo de la agricultura de riego. Sus principales fuentes de recursos hídricos son subterráneas y aportes de precipitaciones.

En cuanto a los sistemas de riego, el Censo nacional agropecuario y forestal de 2007 indica que, entre 1997 y 2007, se generó un incremento de los sistemas de riego mecanizados en desmedro de los sistemas gravitacionales. Sin perjuicio de los avances tecnológicos, el riego gravitacional sigue siendo predominante en las UDE 7 y 4, pero no así en la UDE 2, principalmente de secano (CNR, 2016). Persisten brechas en infraestructura gris en la subcuenca, sin perjuicio de los avances (Figura 20).

Figura 20. Canales sin revestir en la subcuenca



©FAO / M. Gamboa

SECTOR HIDROELÉCTRICO

Existen en la subcuenca seis centrales hidroeléctricas: La Confluencia (Tinguiririca Energía), La Higuera (Tinguiririca Energía), San Andrés (HydroChile), El Paso (HydroChile), Dos Valles (Dos Valles SpA) y la pequeña central de Convento Viejo.

La central hidráulica La Confluencia (163 MW) capta las aguas de los ríos Tinguiririca, Portillo y Azufre, así como de otros cuatro cursos menores. Esta central tiene dos ramas principales: la rama Tinguiririca y la rama Portillo. La primera consiste en un reservorio que cuenta con un túnel de aducción de 12 km. La segunda rama opera con un túnel de 9,2 km. Las aguas se restituyen al cauce del río Tinguiririca o pueden ingresar al túnel de la central Higuera para que ambas centrales puedan operar en cascada.

La central hidroeléctrica La Higuera (155 MW) capta agua de los ríos Azufre, Tinguiririca y el estero Los Helados y aprovecha el caudal captado por la central hidroeléctrica La Confluencia. Estas aguas se conducen hacia un reservorio y desde este a través de un túnel en presión hasta la casa de máquinas ubicada 18 kilómetros aguas abajo y con una caída de 350 metros.

La central hidroeléctrica El Paso (60 MW) utiliza los recursos hídricos del río Las Damas y es propiedad de HydroChile, firma que cuenta además, en el mismo sector, con el proyecto central San Andrés (40 MW).

La minicentral hidroeléctrica de pasada Dos Valles (2,84 MW) capta aguas del río Las Damas. La energía generada es entregada a la subestación de la central hidroeléctrica El Paso mediante una línea eléctrica de 23 KV.

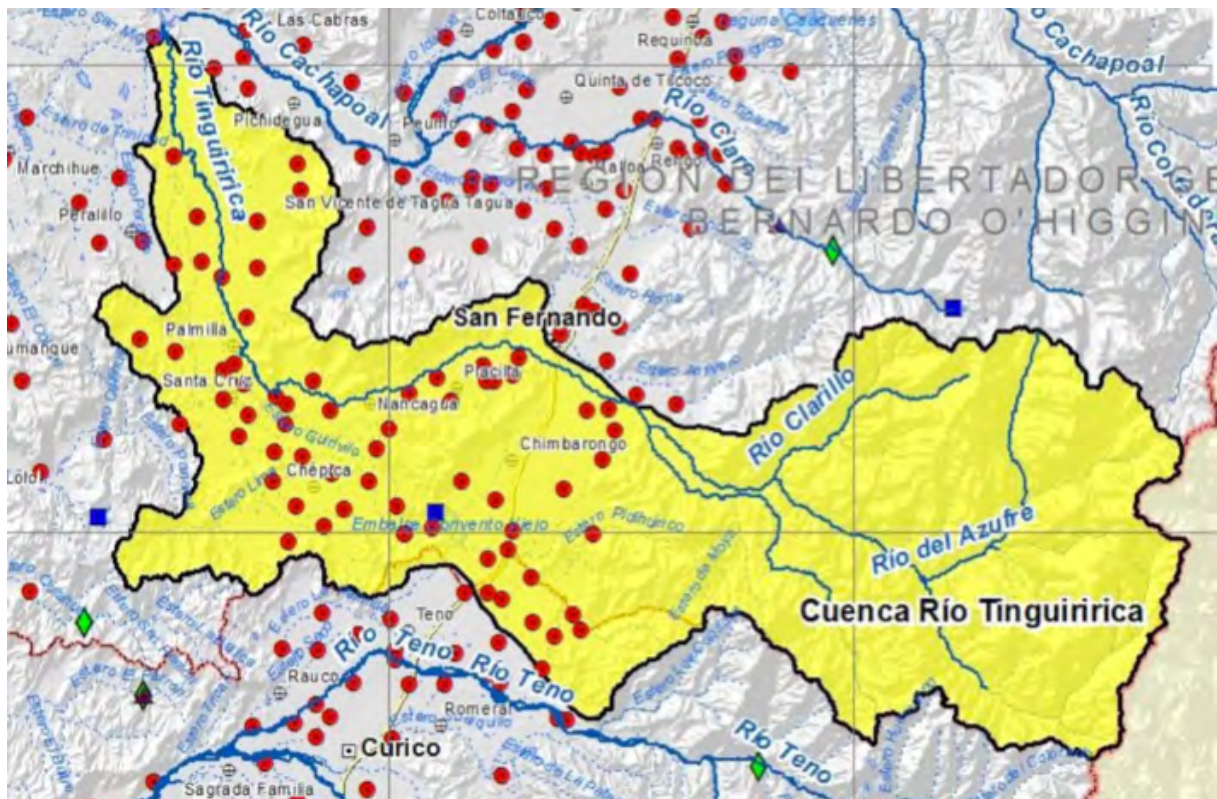
Finalmente, la central hidroeléctrica Convento Viejo (16,4 MW) aprovecha las aguas del embalse Convento Viejo. Se ubica en la comuna de Chimbarongo y su generación estará subordinada a las necesidades de riego.

AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

En la subcuenca del río Tinguiririca, la empresa con la concesión del agua potable es ESSBIO S.A., que abastece a 482 235 habitantes, principalmente en sectores urbanos, a través de 144 924 arranques. En las zonas rurales, en tanto, el abastecimiento de agua potable y el saneamiento ocurren a través de los sistemas de agua potable rural.

La Figura 21 señala la localización de los 67 pozos de agua potable rural existentes en la subcuenca.

Figura 21. Localización de los pozos de agua potable rural en la subcuenca



Fuente: DGA, 2015a.

CALIDAD DEL AGUA

Actualmente se encuentra en elaboración la norma secundaria de calidad ambiental (NSCA) para la protección de las aguas de la cuenca del río Rapel⁴. En el marco de este proceso se ha hecho evidente, cuantitativamente, que los parámetros antrópicos de mayor impacto en la calidad de las aguas corresponden a los nutrientes (nitrógeno y fósforo) provenientes de fuentes difusas vinculadas a las actividades agropecuarias, ampliamente distribuidas en la subcuenca.

Otro parámetro relevante presente en altas concentraciones corresponde a los coliformes fecales, parámetro bacteriológico asociado a déficit o falta de tratamiento de aguas servidas y/o descarga de efluentes animales.

El río Tinguiririca recibe descargas de Pichidegua y Nancagua. Pichidegua descarga 5 L/s de aguas servidas tratadas en lagunas de estabilización y Nancagua descarga 8 L/s tratadas en laguna aireada, equivalentes en su conjunto a una carga orgánica de demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 47 ton/año. San Fernando y Rengo descargan caudales de 81 L/s y 42,5 L/s de aguas servidas tratadas en laguna aireada y lagunas de estabilización, respectivamente, a los esteros Antivero y Malambo, con una carga orgánica DBO₅ total de 457 ton/año.

Por su parte, el estero Chimbarongo recibe las descargas de Chimbarongo, con un caudal de aguas servidas tratadas en laguna aireada de 11 L/s, con una carga orgánica DBO₅ de 35 ton/año. En este tramo, que también recibe las descargas de Santa Cruz, captan sus aguas cuatro canales de riego.

⁴ La elaboración de esta norma emana de la Resolución Exenta N° 714, del 31 de julio de 2014, del Ministerio del Medio Ambiente, que acumula procesos y amplía plazo para la elaboración de las normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas superficiales de la subcuenca del río Cachapoal y subcuenca del río Tinguiririca. Dicha acumulación responde a establecer un solo instrumento regulador de la calidad de las aguas de la cuenca de Rapel en forma integrada.

Los resultados de la red de monitoreo de la calidad de las aguas activas⁵ dan cuenta de la presencia de cobre, específicamente en los esteros Zamorano y Chimbarongo, producto de la aplicación de oxiclورو de cobre (fungicida). Por su parte, la presencia de hierro se atribuye principalmente a la litología; es muy común en los pozos de agua potable, lo que obliga a instalar filtros para su abatimiento.

En cuanto a las aguas subterráneas, estas presentan bajos contenidos de sales; sin embargo, existen altas concentraciones de hierro y magnesio de origen natural.

Según el estudio "Diagnóstico para desarrollar plan de riego en Tinguiririca" (CNR, 2016), para todos los acuíferos de la cuenca del Tinguiririca, la demanda de aguas subterráneas comprometida al 30 de junio de 2010 supera el volumen sustentable, lo que implica un riesgo grave de disminución de la disponibilidad de aguas subterráneas.

En la actualidad, no existe medición de volúmenes de nieve en la cordillera andina de la región, cuestión que limita el pronóstico de los caudales durante el período de deshielo y la temporada de riego en la agricultura.

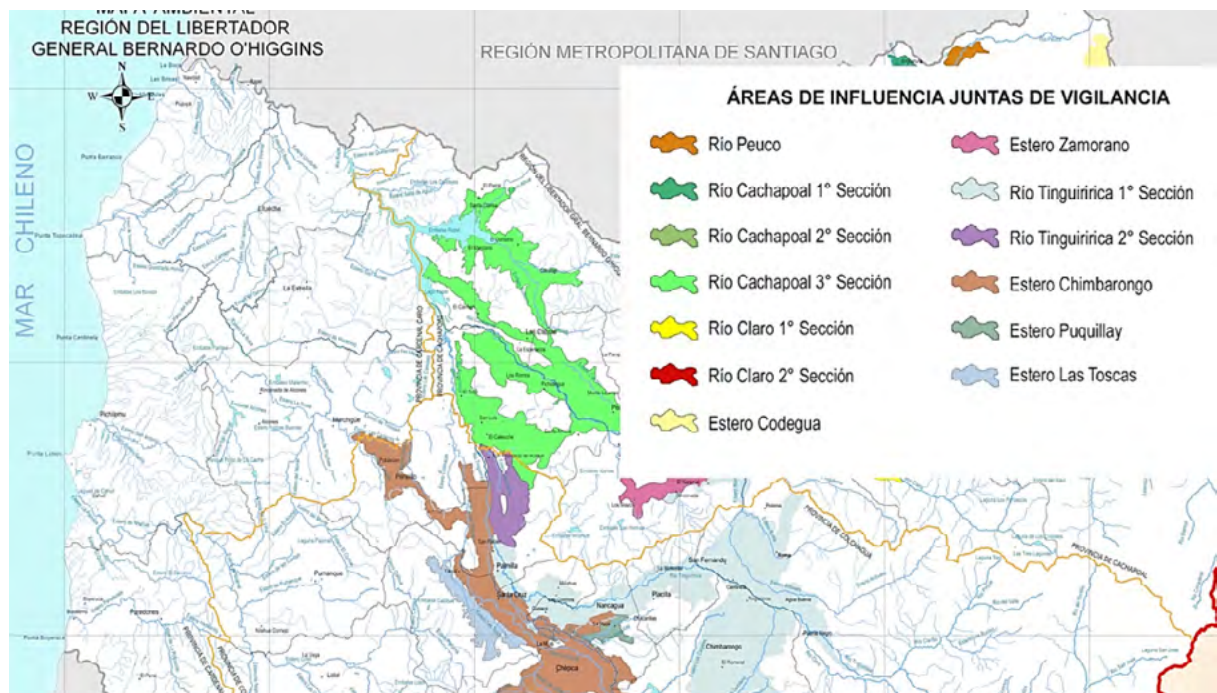
BALANCE HÍDRICO

La Región de O'Higgins enfrenta un creciente desbalance hídrico, acentuado por la actual tendencia de disminución de precipitaciones y aumento de temperaturas.

ORGANIZACIONES DE USUARIOS DE AGUAS

Existen en la subcuenca del río Tinguiririca 148 OUA legalmente constituidas. De estas, 134 son comunidades de aguas, 11 asociaciones de canalistas y 3 juntas de vigilancia (ver detalles en el Anexo 2)⁶. Estas OUA se concentran principalmente en la UDE 4 y la UDE 7 (Figura 22).

Figura 22. Área de influencia de las juntas de vigilancia de la Región de O'Higgins



Fuente: SEREMI de Medio Ambiente, 2020.

⁵ En la subcuenca del río Tinguiririca existen seis estaciones que miden la calidad de las aguas activas. Todas ellas se encuentran vigentes y miden parámetros físico-químicos.

⁶ Se encuentra en proceso de conformación la Junta de Vigilancia del estero Las Toscas.

Cabe señalar que, desde el 2005, existe la corporación de derecho privado denominada Federación de Juntas de Vigilancia de Ríos y Esteros de la Sexta Región, cuyo objetivo principal es representar a los más de 30 000 agricultores, propietarios de 190 000 ha que corresponden al 90% de la superficie regada de la Región de O'Higgins. La Federación aspira a fomentar y contribuir al desarrollo del riego, a través de la participación en iniciativas público-privadas, donde se coordinan y articulan medidas tendientes a obtener el mejor aprovechamiento de las aguas de los ríos y esteros de la región. En la actualidad, la conforman nueve juntas de vigilancia organizadas y constituidas de acuerdo al Código de Aguas, tres de las cuales pertenecen a la subcuenca del río Tinguiririca (Junta de Vigilancia río Tinguiririca, Junta de Vigilancia estero Puquillay y Junta de Vigilancia estero Chimbarongo).

SITUACIÓN HÍDRICA ACTUAL

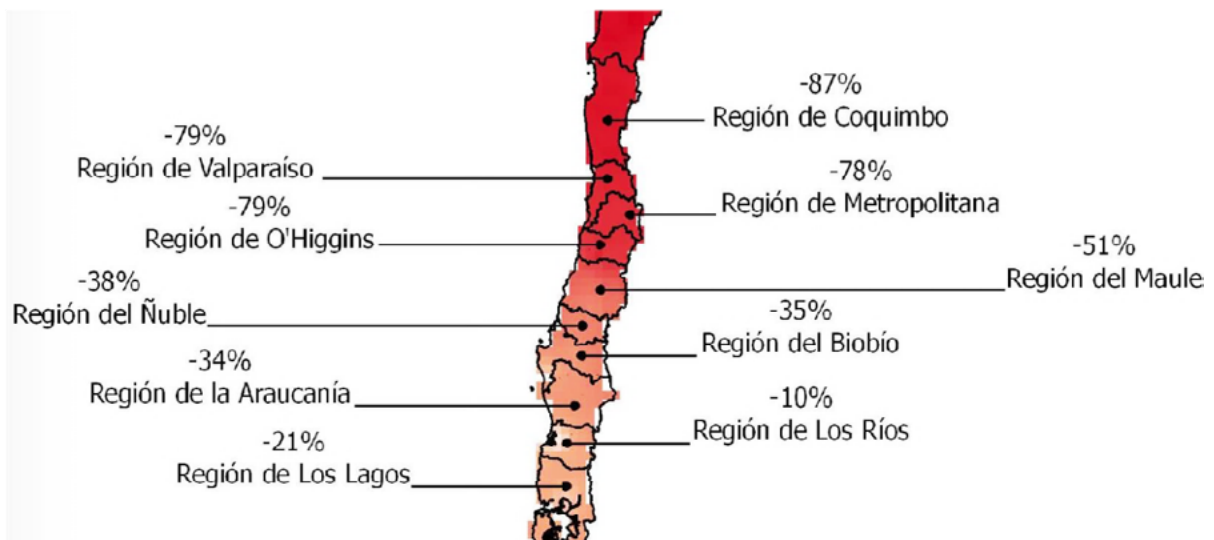
PRECIPITACIONES

En la subcuenca del río Tinguiririca, las precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas de Convento Viejo y río Tinguiririca Bajo Los Briones, entre los años 2006 y 2015, muestran una tendencia a la baja (Figura 23). En lo que respecta al año 2019, el Cuadro 7 muestra el déficit acumulado de precipitaciones al mes de diciembre de 2019. La disminución de precipitaciones ha causado una sequía estructural durante el último decenio.

Cuadro 7. Estado pluviométrico de la subcuenca de Tinguiririca al 31 de diciembre de 2019

Estaciones	2019 (mm)	2018 (mm)	Promedio 1981-2010 (mm)	Déficit (%) a dic. de 2019
San Fernando	197,1	419,5	718,9	-73
Convento Viejo	226,1	417,7	684,3	-67

Figura 23. Mapa de precipitaciones acumuladas a diciembre de 2019 vs. promedio 1981-2010



Fuente: DGA, 2019.

ACUMULACIÓN DE NIEVE

La Región de O'Higgins no cuenta con estaciones de medición de nieve en la cordillera (operadas por la Dirección General de Aguas⁷), por lo que todos los pronósticos se realizan a partir de mediciones realizadas en la cuenca del Maipo y del Maule. Aun cuando se reconoce una tendencia a que la línea de nieve se encuentre a mayor altura, no existen datos que permitan evaluar el impacto futuro de este escenario sobre la disponibilidad de recursos hídricos en la subcuenca.

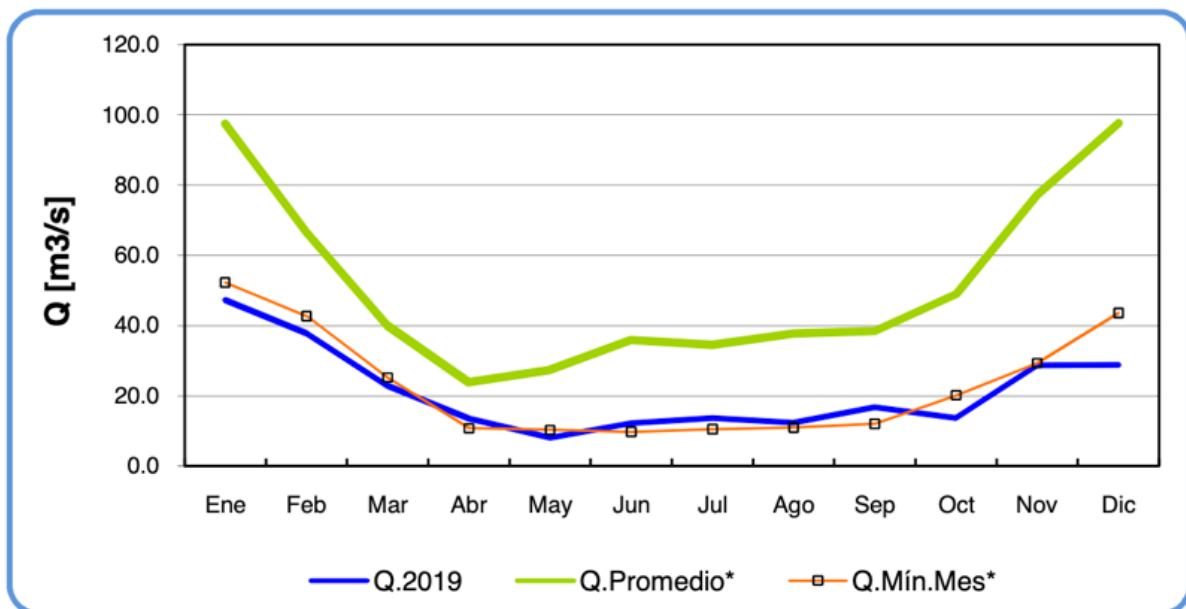
Un estudio recientemente publicado en la revista *Nature* (Cordero et al., 2019), señala que la cubierta de nieve en la cordillera de los Andes en gran parte de Chile (de Putre a Osorno) ha retrocedido un 20% en los últimos 30 años. De acuerdo al estudio, buena parte de la pérdida de nieve se debe al cambio en el régimen de precipitaciones.

CAUDALES Y RIEGO

En 2019, como consecuencia de la escasez de precipitaciones, el caudal del río Tinguiririca se mantuvo bajo su promedio, e incluso, bajo los correspondientes mínimos (Figura 24). Esto significó iniciar la temporada de deshielo (diciembre) con caudales sostenidamente bajos y también menores que a igual fecha de 2018.

Figura 24. Evolución del caudal del río Tinguiririca en 2019, en estación Bajo Los Briones

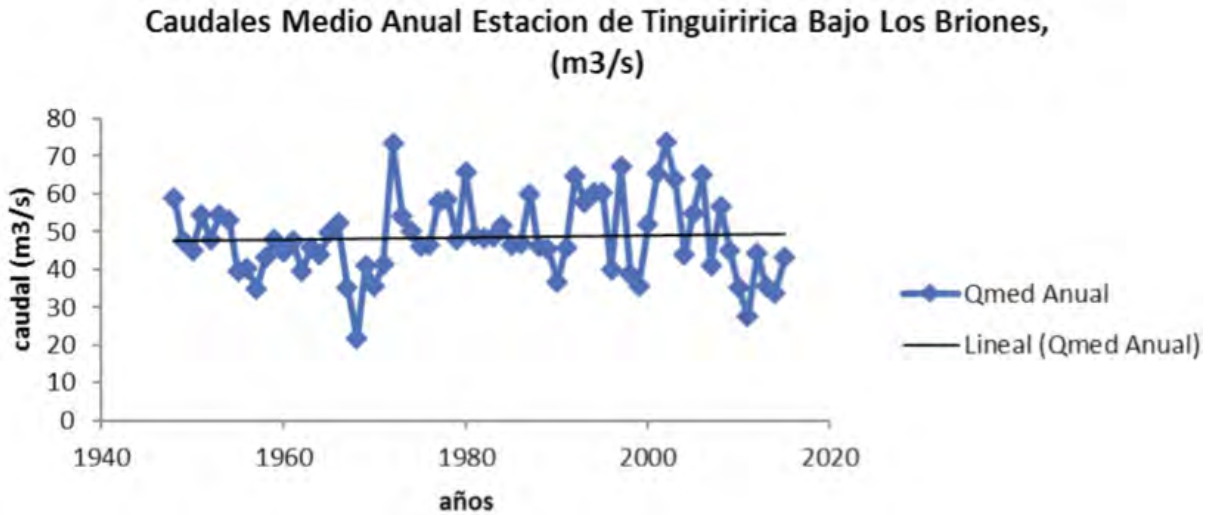
Río Tinguiririca en Los Briones



Fuente: DGA, 2019.

⁷ Solo existe información aportada voluntariamente por la empresas mineras e hidroeléctricas establecidas en la cuenca del río Cachapoal y Tinguiririca.

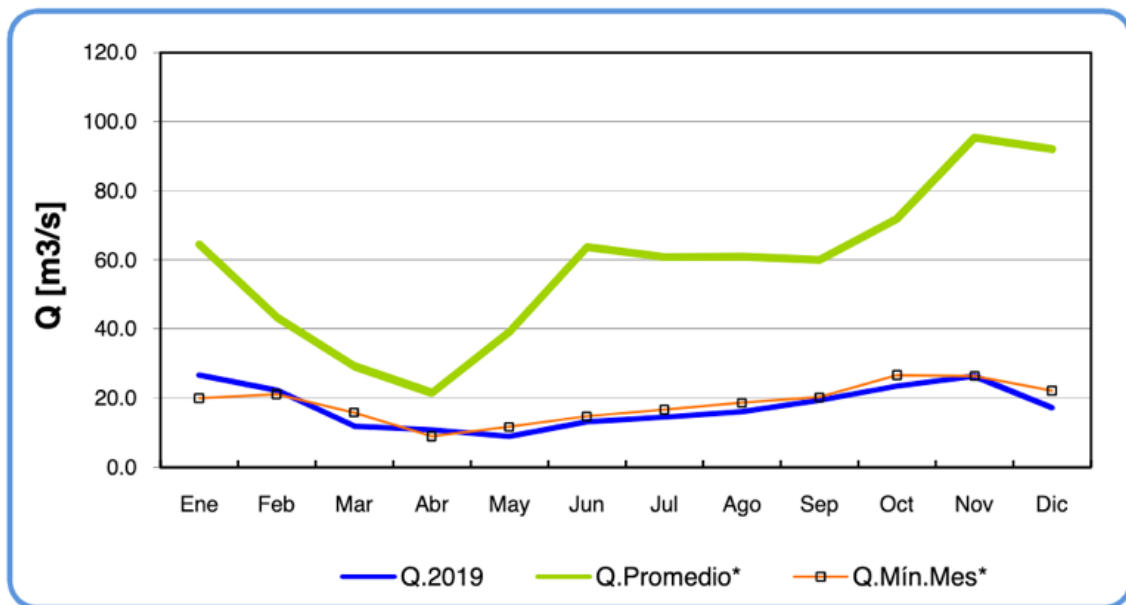
Figura 25. Serie de promedios móviles de caudales medios anuales medidos en estación Bajo Los Briones



Fuente: Toledo, 2015.

Figura 26. Evolución del caudal del río Teno, medido en estación después de la junta

Río Teno despues de Junta

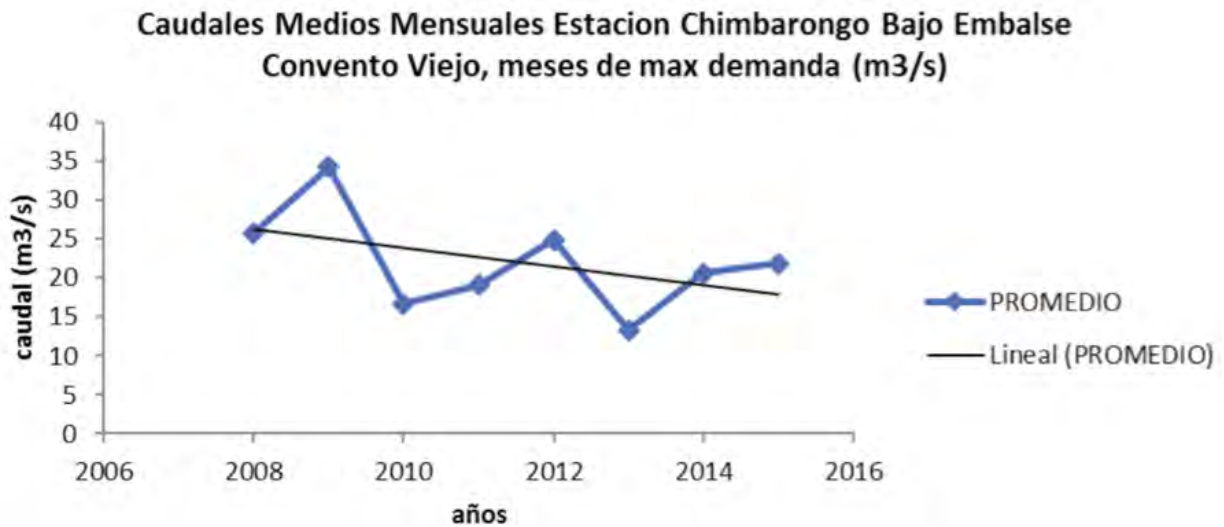


Fuente: DGA, 2019.

Desde una perspectiva histórica, los datos de 2019 confirman una tendencia a la baja del caudal del río Tinguiririca en el último decenio, si se compara con el caudal promedio medido desde la década de 1980 (Figura 25).

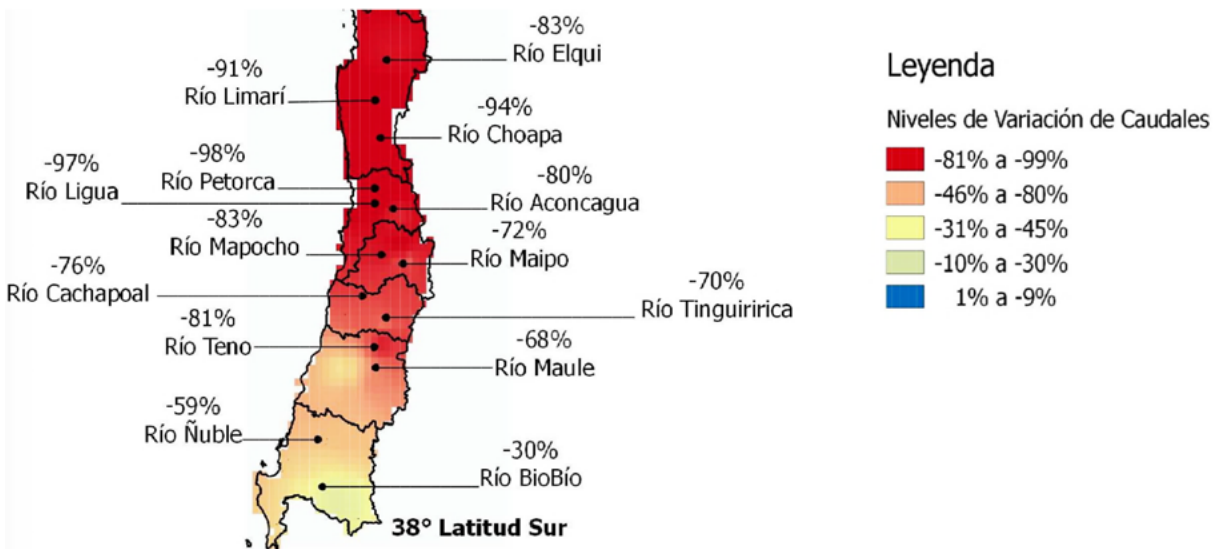
En el caso del río Teno (que lleva aguas al embalse Convento Viejo desde la Región del Maule a través del canal Teno-Chimbarongo), presentó en 2019 una situación similar al río Tinguiririca, con valores de caudal bajo el promedio e incluso bajo los correspondientes mínimos (Figura 26).

Figura 27. Caudales medios anuales en estación Chimbarongo Bajo embalse Convento Viejo



Fuente: CNR, 2016.

Figura 28. Variación de caudales para el mes de diciembre de 2019 vs. promedio 1981-2010



Fuente: DGA, 2019.

Finalmente, para el caso del estero Chimbarongo, los datos de caudal medidos en la estación Bajo Embalse Convento Viejo entre los años 2008 y 2015 muestran una tendencia a la baja en sus valores medios mensuales y medio anuales (Figura 27).

La situación de los caudales en la subcuenca forma parte de una tendencia a nivel nacional, acentuada en la zona centro-sur del país (Figura 28). A diciembre de 2019, había vigente seis declaraciones de emergencia agrícola (decretadas por el Ministerio de Agricultura) que afectan a 119 comunas en seis regiones (Atacama, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana, O'Higgins y Maule).

La disminución de caudales ha obligado a la aplicación de medidas extraordinarias por parte de las OUA en pro de una mejor asignación del recurso, buscando equidad en el reparto. Entre estas medidas está el sistema de turnos que tiene el propósito de quebrar la entrega del agua según los derechos de los usuarios, para entregarla en base a un programa basado en los derechos de cada uno, pero con limitaciones de tiempo, repartiendo las aguas a prorrata de los derechos y ajustando la entrega al caudal disponible. Otras medidas han sido contratar a personal extra, destinar más recursos para monitoreo, control y sanciones, sectorizar y/o establecer horarios de riego por diferentes derivados, entre otras.

Durante la temporada 2019, los embalses Convento Viejo y Rapel no se llenaron. La situación al mes de diciembre de 2019 era la siguiente: Embalse Rapel al 72% de su capacidad y Convento Viejo al 31,6% de su capacidad. Estos niveles impiden el uso normal de ambos. Rapel ha dejado de generar hidroelectricidad en primavera y verano, y Convento Viejo se ha visto limitado en su capacidad de abastecer las demandas de riego de la temporada 2019-2020.

La situación de escasez hídrica en la región ha obligado a las autoridades a decretar emergencia agrícola en esta zona en septiembre de 2019⁸.

En la actualidad, la situación más crítica en términos de disponibilidad de agua para riego corresponde a los sectores regados por esteros "de derramistas" adyacentes al estero Chimbarongo. Es el caso del estero Las Toscas, y los canales afectados por esta situación son los canales Lihueimo, Calleuque y Pequenes.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

De acuerdo al diagnóstico elaborado para el Plan Regional de Recursos Hídricos 2020-2029 para la Región de O'Higgins (SEREMI Medio Ambiente, 2020), las aguas subterráneas subsuperficiales de la subcuenca presentan en la zona alta y media niveles estáticos normales.

En cuanto a las aguas subterráneas profundas, el mismo informe señala que la zona alta y media de los valles presentan niveles estáticos y dinámicos estables, mientras que la zona precostera presenta signos de agotamiento y la zona costera con agotamiento en determinados sectores.

⁸ Según Patricio Crespo, Expresidente de la Sociedad Nacional de Agricultura y actual Presidente de la Federación de Juntas de Vigilancia de los Ríos y Esteros de la Sexta Región, los niveles de riego disponibles en la cuenca han disminuido a la mitad, consagrando la peor situación de sequía en los últimos 30 años.





**TERCERA PARTE: ANÁLISIS DE LA
GOBERNANZA DEL AGUA EN LA
SUBCUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA**

SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS

La zona centro-sur del país sufre los efectos de una sequía meteorológica e hidrológica que se extiende por 11 años. En la Región de O'Higgins, durante el año 2019, la disminución de caudales de ríos y, por consiguiente, de canales de regadío, ha generado mermas en la producción agrícola, una falta importante de forraje y dificultades en el acceso al agua potable en sectores rurales por la notoria disminución de los niveles de agua subterránea.

Según el estudio "Pronóstico de caudales de deshielo para la temporada de riego 2019-2020" (DGA, 2019a), se estima para la subcuenca una disminución del 55% respecto a los niveles históricos y una disminución que alcanza el 23% respecto a la temporada 2018. Ante este escenario, los administradores de las juntas de vigilancia, quienes gestionan y distribuyen las aguas, han debido tomar medidas especiales para esta temporada de riego, en la que se cuenta con menos de un tercio del caudal de un año normal⁹. Lo más importante, según la Federación de Juntas de Vigilancia, ha sido la entrega de información permanente, asambleas frecuentes y una intensa agenda de interlocución con los usuarios.

La adopción generalizada del sistema de turnos de riego desde el mes de agosto (acordados a partir de los marcos o ramales de cada canal) ha sido el mecanismo de reparto utilizado para distribuir de manera justa y equitativa el agua, especialmente en el estero Chimbarongo. En otros sectores, se ha distribuido el agua disponible estrictamente a prorrata según la dotación accionaria de cada canal.

La situación más crítica en términos de seguridad de riego es la que viven los agricultores en sectores regados por esteros "de derramistas"¹⁰, como aquellos de Girivilo, Las

Arañas y Las Toscas. Dado que estos sectores suelen poseer sistemas precarios de distribución de las aguas, las zonas de riego más afectadas son aquellas ubicadas en las colas de canal, rinconadas y esteros menores.

En la zona de secano de la subcuenca, al no existir fuentes mayores de agua superficial, la disponibilidad del recurso hídrico ha alcanzado un punto crítico. Destaca la comuna de Marchigüe, donde las bajas precipitaciones y disponibilidad en fuentes superficiales se agrava por la imposibilidad de extraer agua y constituir nuevos derechos de aprovechamiento en cauces naturales adyacentes a la hoya del río Rapel¹¹.

Desde el Estado, la respuesta a la crisis ha sido declarar la zona en emergencia agrícola y zona de escasez hídrica con el objeto de inyectar recursos para paliar los efectos inmediatos de la sequía¹². Se ha conformado una Mesa regional de escasez hídrica (octubre de 2019) y una Mesa asesora del agua (agosto de 2019). Esta última, constituida por el Intendente Regional, además de representantes del mundo privado (grandes empresas), de la agricultura familiar campesina, de las juntas de vigilancia y distintos servicios públicos, tiene el propósito de generar estrategias que permitan hacer frente al complejo escenario de sequía.

PROBLEMÁTICAS IDENTIFICADAS

A continuación, se describen algunas problemáticas clave de la subcuenca, agrupadas y sistematizadas en este estudio, a partir de la opinión de los actores entrevistados.

⁹ Entre las medidas se evalúa el cierre de la actual temporada de riego a finales de marzo 2020 en los valles de Lolol y Nilahue.

¹⁰ En el caso de las subcuencas, los esteros "de derramistas" en situación más crítica corresponden a esteros adyacentes al estero Chimbarongo, alimentados por quebradas, vertientes, afloramientos, así como los excedentes de los cauces principales.

¹¹ La Resolución DGA N° 3236 del 15 de octubre de 1969 otorga a ENDESA la totalidad de los "sobrantes del río Rapel" por un plazo de 90 años (derechos asociados al embalse de 700 000 000 m³ cuyo fin es la generación eléctrica de 350 000 Kw).

¹² La declaración de zona de escasez hídrica habilita a las autoridades el uso de herramientas transitorias y otras permanentes para enfrentar la sequía; entre ellas permitió iniciar el programa piloto de recarga de acuíferos subterráneos.

Figura 29. El maíz como parte de la fisonomía productiva de la agricultura familiar campesina en la subcuenca



VULNERABILIDAD DE LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA A LA MEGASEQUÍA

La agricultura familiar campesina (AFC) tiene gran significación, siendo parte sustantiva del sector agrícola de la subcuenca (Figura 29), con unas 4 500 explotaciones (56% del total).

En el marco de la megasequía, según fuentes de INDAP, cerca de 8 000 pequeños productores agropecuarios de la Región de O'Higgins se encontraban, a diciembre de 2019, afectados por la escasez de agua. Muchos productores pequeños (usuarios de INDAP), principalmente productores de hortalizas y maíz, han dejado de sembrar y/o han debido devolver arriendos ante la escasez de agua.

La condición de vulnerabilidad frente a la sequía en la que se encuentra la AFC se explica por varios factores. Existe un alto número de productores que no tiene derechos de aguas inscritos en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces, no obstante, muchos de ellos creen que, por pagar costos de administración a las

comunidades de agua o asociaciones de canalistas, poseen dichos derechos de aprovechamiento. No contar con derechos inscritos implica no solo estar en una condición de vulnerabilidad ante la escasez hídrica, sino también la imposibilidad de acceder a buena parte de los instrumentos de fomento productivo del Estado (principalmente de INDAP). Por su parte, otros productores que poseen derechos de aprovechamiento sobre derrames de aguas, ante la inexistencia de derrames producto de la sequía, no disponen de agua para riego. Muchos de estos productores presentan limitaciones financieras para comprar agua del embalse Convento Viejo.

Otro problema estructural de la AFC es el bajo grado de tecnificación del riego¹³, en gran medida debido a barreras culturales, económicas y otras de compleja índole.

La AFC hace frente a la megasequía desde una condición de pobreza o vulnerabilidad social. La insuficiente competitividad en los mercados de sus unidades productivas amenaza la permanencia de la actividad agrícola. Se ha generado venta de los terrenos, emigración y envejecimiento de la

¹³ La Región de O'Higgins tiene solo un 30% de la superficie cultivable bajo riego tecnificado.

población. La mayoría de los productores es mayor a 65 años y, por lo general, las siguientes generaciones (hijos, nietos) no tienen interés en continuar dicha actividad, lo que conlleva la pérdida de acervo agrícola y cultural.

AUMENTO DE LA EXTRACCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y COMPETENCIA POR EL USO

Ante la escasez de agua superficial para riego, han aumentado las perforaciones de pozos, ya sea por medio de permisos transitorios de extracción o de forma ilegal. Esta situación está siendo insuficientemente fiscalizada por parte de la DGA, lo que impide precisar el impacto de dichas extracciones en el balance hídrico y en otros usuarios de aguas subterráneas.

Según datos de la DOH, hay una disminución evidente en los niveles de los acuíferos en una cantidad importante de sistemas de agua potable rural (APR) de la región. Esta situación está agudizando la competencia por el uso del agua subterránea entre la agricultura y el consumo humano. A diciembre de 2019, cinco sistemas de APR de la región están siendo abastecidos por camiones aljibes. Para los representantes de la Asociación de servicios de agua potable rural de la Región de O'Higgins, las aguas subterráneas están siendo afectadas por la sobreexplotación, la usurpación y la contaminación por parte de la agricultura (principalmente grandes propietarios).

Por otra parte, la falta de conocimiento respecto del estado y funcionamiento (dinámica) de los acuíferos de la subcuenca constituye un problema estructural que amenaza la sustentabilidad del recurso en el mediano y largo plazo.

AUMENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE LA PROPIEDAD DE LA TIERRA Y EL AGUA

Ante la escasez hídrica, los grandes productores agrícolas están comprando pequeños y medianos predios que presentan dificultades para soportar la crisis del agua. Esto está agudizando el proceso de concentración de la propiedad de

la tierra. Según datos de 2016, el 2% de las explotaciones agrícolas (151) concentraba el 52% de la superficie agropecuaria total de la subcuenca.

La estructura de tenencia de la tierra y los altos grados de concentración que se observan en la agricultura tienen una alta correlación con la titularidad de los derechos de aprovechamiento para el uso de los recursos hídricos. La reducción de la disponibilidad de agua (observada con mayor fuerza en los últimos cinco años) afecta severamente la sostenibilidad y continuidad de los cultivos de aquellos productores que tienen una menor asignación relativa de derechos de aprovechamiento.

AUMENTO DE LOTEOS

Se observa un aumento en la subdivisión de predios agrícolas (acogido al Decreto Ley 3516) para la creación de "parcelas de agrado" en los espacios periurbanos, principalmente en las comunas de Santa Cruz y San Fernando. Aparentemente, este fenómeno se ha agudizado con la megasequía que afecta a la Región de O'Higgins, en donde la pequeña y mediana agricultura está siendo la más afectada.

La subdivisión del suelo rural está ejerciendo presiones y generando transformaciones no planificadas en el espacio rural de la subcuenca (de tradición agropecuaria), con alcances de diverso orden¹⁴.

AUMENTO DE LA EXTENSIÓN DE CULTIVOS EN LADERAS DE ALTA PENDIENTE

La expansión de los cultivos en laderas (consideradas "suelos no aptos para la agricultura") bajo labranza convencional, han incrementado considerablemente el riesgo de erosión y las consecuentes pérdidas de carbono orgánico y biodiversidad en estas áreas. Parte importante de dicha expansión se realiza sustituyendo bosque esclerófilo.

Este tipo de expansión agrícola sobre áreas antiguamente cubiertas por bosque o matorral ha sido significativo en la zona semiárida de la subcuenca, principalmente con cultivos

¹⁴ Se están creando espacios residenciales por la vía de consolidar espacios periurbanos sin que hayan sido pensados como tales, generando una serie de impactos. Se están perdiendo valiosas hectáreas de tierras agrícolas que no serán recuperadas para dicha actividad; asimismo, se está permitiendo a muchos loteadores de proyectos potencialmente residenciales ahorrarse el costo de la urbanización. La subdivisión de predios agrícolas está induciendo la formación de núcleos semiurbanos al margen de toda planificación urbana regional, los que al consolidarse presionan a las autoridades para que los doten de servicios básicos que el loteador no proporcionó.

como uva de mesa, viñedos, cerezos y, recientemente, olivos (principalmente en el tramo inferior de la subcuenca). Estos cultivos tienen un alto impacto al establecerse en camellones en el sentido de la pendiente, aumentando los procesos de erosión, además de sustituir la cobertura vegetal fundamental para la infiltración y la recarga de los acuíferos.

La situación actual de menor disponibilidad de agua superficial para cubrir la demanda productiva ha llevado a que gran parte de la expansión de cultivos en ladera se realice mediante el uso de agua subterránea.

FALTA DE INFORMACIÓN PARA MEJORAR CERTEZA EN PRONÓSTICOS DE CAUDALES

La subcuenca del río Tinguiririca no cuenta con estaciones de medición de nieve en la cordillera operadas por la DGA. Solo existe información aportada voluntariamente por las empresas hidroeléctricas establecidas. Esta situación impide contar con información del estado/dinámica de los glaciares, relación nieve-caudales, rutas de nieve, etc. para abastecer de agua durante los períodos primaverales y estivales, críticos para muchos rubros agrícolas bajo riego¹⁵.

FALTA DE ESTUDIOS DE BALANCE HÍDRICO E HIDROGEOLÓGICO ACTUALIZADOS DE LA SUBCUENCA

No existen estudios completos de balance hídrico e hidrogeológico de la subcuenca para determinar el estado real de los acuíferos y de la posibilidad de recarga de los mismos. La red de monitoreo existente es insuficiente en cuanto a estaciones fluviométricas, pluviométricas, estaciones de medición de aguas subterráneas y de calidad de aguas.

NECESIDAD DE EXTENDER SISTEMAS DE MOTORIZACIÓN DE COMPUERTAS Y MONITOREO DE CAUDALES MEDIANTE TELEMETRÍA

En sectores correspondientes a la Junta de Vigilancia Tinguiririca se plantea la necesidad de telemetría y automatización que cubra el 100% de sus canales. En la actualidad, esta implementación cubre un 85% de los recursos que administra la junta de vigilancia.

PÉRDIDA DE RECURSO HÍDRICO POR INSUFICIENTE INFRAESTRUCTURA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Tanto en el río Tinguiririca como en el estero Chimbarongo se identifican problemas a nivel de conducción y distribución. Se señala que la mayoría de los canales no están revestidos, presentando pérdidas por conducción, además de problemas en distribución, asociados a la ausencia de marcos partidores y compuertas en muchas zonas.

En esteros menores se acentúa la necesidad de este tipo de infraestructura, como obras de entrega variable a nivel de cauce natural, canales matrices y derivados, que habilite el proceso de compra de aguas a la concesionaria, por sectores o a nivel predial.

ALTA DISPERSIÓN DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

Existe una alta dispersión y falta de sistematización de los datos estadísticos referentes al recurso hídrico de la subcuenca. La información no está agrupada ni sistematizada en un solo sitio; en algunos casos, la forma en que se publica no es consistente entre un año y otro; los catastros y censos publicados son de años diferentes; los datos disponibles para consumos de agua y descargas se encuentran en diferentes unidades dependiendo de la fuente de información, entre otras situaciones. Estas limitaciones respecto de la información dificultan la integración de visiones y la adecuada toma de decisión para la gestión del recurso hídrico en la subcuenca.

¹⁵ Existe incertidumbre para describir uno de los principales glaciares de la región (Glaciar Universidad) y datos para evaluar el impacto de escenarios de cambio climático.

ESCASO CONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS LOCALES

Se nota una carencia de estudios que den cuenta de las condiciones agroclimáticas en microcuencas, que permitan saber qué y cómo producir teniendo en consideración las potencialidades del suelo. Dado que la variabilidad y el cambio climático generan importantes riesgos para la agricultura, se requiere incrementar el conocimiento acerca de la influencia del microclima sobre la disponibilidad de agua y el crecimiento y desarrollo de los cultivos, así como mejorar el acceso a información que apoye la toma de decisiones.

AUMENTO DEL CONTENIDO DE SEDIMENTOS EN LAS AGUAS DEL RÍO TINGUIRIRICA (ELEVADA TURBIDEZ)

El exceso de turbidez y material particulado suspendido en las aguas utilizadas para riego genera problemas en bocatomas, canales, tranques, goteros y aspersores. Se está produciendo elevada acumulación de sedimento en los embalses (de producción hidroeléctrica y riego) limitando su vida útil y rentabilidad.

ALTA CARGA MICROBIOLÓGICA EN AGUAS SERVIDAS TRATADAS

De acuerdo con antecedentes de la Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Salud, la mayoría de las plantas de tratamiento de aguas servidas en zonas rurales de la subcuenca no cumplen variables normadas en el Decreto Supremo N° 90/2000. El estero Chimbarongo, en el sector Peor es Nada, estacionalmente presenta altos niveles microbiológicos y alta DBO_{5t} , reflejando el alto nivel de contaminación del agua. Esto representa un serio riesgo sanitario para la población, relacionado con el uso de aguas con altos contenidos de coliformes en el riego, afectando la calidad de los productos agrícolas y las actividades recreacionales que implican contacto directo.

CONTAMINACIÓN DIFUSA PROVENIENTE DE LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA (PLAGUICIDAS Y FERTILIZANTES)

Gran parte del riego en la región es superficial (por inundación), con una eficiencia extremadamente baja (25-30%). En la práctica, esto significa un elevado uso de agua por unidad de tierra y volumen de productos. Si bien las aguas no consumidas para los cultivos retornan al ciclo hidrológico (en los ríos, acuíferos y atmósfera), cuando se aumenta la intensidad de aplicación (volumen/tiempo) hay riesgo de remover en las aguas residuales sedimentos, nutrientes, sales y plaguicidas (agroquímicos). No hay control de las múltiples descargas de aguas residuales resultantes de actividades productivas relacionadas con cultivos, ganadería y silvicultura. Es probable que una vez entrada en vigencia la norma secundaria de calidad ambiental de las aguas de la cuenca de Rapel, varias zonas de la subcuenca del río Tinguiririca deban declararse "zona latente" o "zona saturada".

Asimismo, se observa una falta de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas, en especial considerando el emergente problema de contaminación difusa de nitratos y fosfatos.

LIMITADAS CAPACIDADES DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS (DGA) PARA LLEVAR A CABO SUS RESPONSABILIDADES

La DGA es responsable de ejecutar un amplio número de tareas (otorgamiento de derechos, investigación y medición, fiscalización y sanción, supervigilancia). Diversos diagnósticos, tanto del Estado como de organismos privados y centros de investigación, coinciden en señalar que se necesita fortalecer sus capacidades para llevar a cabo sus funciones de forma adecuada, en particular, en lo que respecta a la falta de personal y recursos financieros.

En la Región de O'Higgins, una mayor cantidad de personal y recursos financieros debiera apuntar a fortalecer la ejecución de tareas como: (i) realizar un diagnóstico actualizado y balance de disponibilidad y demanda de aguas a nivel de

subcuencas; (ii) actualizar y difundir la información relativa al recurso hídrico; (iii) inventariar los glaciares; (iv) mejorar la regulación del recurso hídrico; (v) asistir la constitución de organizaciones de usuarios, principalmente de aguas subterráneas; (vi) implementar sistemas de monitoreo de extracción de aguas; y (vii) fortalecer la fiscalización.

BAJA COORDINACIÓN ENTRE ENTIDADES PÚBLICAS

Existe un déficit en el nivel de colaboración intersectorial de las instituciones asociadas a la gestión del agua en la subcuenca. Las instituciones conocen de manera más bien general las iniciativas llevadas a cabo por las otras instituciones, pero no existe un conocimiento acabado del desarrollo ni los resultados generados por los proyectos y programas de cada institución en materia de riego. No se evalúa el trabajo y el impacto de las instituciones en conjunto. Como resultado, en ocasiones, se duplican esfuerzos e, inclusive, se produce contraposición en las acciones.

No se realiza planificación intersectorial que coordine objetivos, funciones y recursos para gestionar de manera óptima y eficiente el recurso hídrico, así como su uso para riego.

DESACOPLE ENTRE INSTRUMENTOS DE FOMENTO Y NECESIDADES LOCALES

Los instrumentos de fomento relacionados al sector agropecuario y las pequeñas y medianas empresas, principalmente de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), del INDAP y del Servicio de Cooperación Técnica (SERCO-TEC), no se conectan ni adaptan a las necesidades específicas de los territorios locales (microescala), particularmente para ayudar a los productores a abordar la variabilidad del clima y el cambio climático.

CONFLICTOS ENTRE TITULARES DE DERECHOS DE AGUA

Ante la escasez hídrica y la disminución de la dotación de los canales, han aumentado los conflictos a nivel de regantes de un canal. Prima en muchos casos la situación *de facto* de quien se encuentra aguas arriba, en desmedro de los titulares que se encuentran aguas abajo o a cierre de cuenca,

afectando mayoritariamente a pequeños agricultores. Si bien el sistema de distribución por turnos ha permitido ordenar el reparto de las aguas entre parcelas/fundos, las situaciones de conflicto han aumentado conforme se agudiza la sequía.

DESCONFIANZA ENTRE USUARIOS DEL AGUA

Regantes hacia la generación hidroeléctrica

En 2010, con la entrada en operación de las centrales La Higuera y Confluencia, propiedad de Tinguiririca Energía, los regantes de la primera sección del río Tinguiririca sufrieron importantes y frecuentes alteraciones del caudal del río (golpes de agua), lo que dificultó la labor de la junta de vigilancia y afectó el ejercicio de los DAA de los regantes aguas abajo de estas centrales.

Esta situación motivó que en marzo del año 2012 la Junta de Vigilancia denunciara a la Empresa Tinguiririca Energía ante los Tribunales de Justicia por funcionar sin los permisos respectivos, operando bajo un sistema que afectaba el ejercicio de los derechos de aprovechamiento de aguas de los agricultores.

La DGA de la Región de O'Higgins reconoció la alteración del caudal por parte de las empresas hidroeléctricas en las Resoluciones N° 182 de 2012 y N° 631 de 2012 y el Ordinario N° 199 de 2012, expresando que el hecho de alterar el caudal del río constituye una acción que perjudica el ejercicio de los DAA de los regantes.

En la actualidad, aun cuando ha habido acuerdos entre la empresa Tinguiririca Energía y la Junta de Vigilancia, muchos agricultores consideran que la empresa continúa liberando agua fuera de lo establecido, en cantidades superiores a las normadas y sin informar. Por su parte, directivos de la Junta de Vigilancia señalan mala comunicación entre dirigentes de canales y regantes.

Cooperativas de agua potable rural hacia grandes agricultores

Fuentes de la Asociación de servicios de agua potable rural de la Región de O'Higgins señalan que, en los últimos tres años, ha habido un aumento explosivo y descontrolado de perforaciones de pozos por parte de los productores agrícola-

las, principalmente de gran tamaño. Para la asociación, esta situación estaría ocasionando el descenso progresivo del nivel de los pozos de captación de agua de muchos APR de la región, al punto que cinco de ellos se abastecen a través de camiones aljibe. Mientras esto ocurre, los predios agrícolas aledaños aumentan su superficie de cultivo, llegando a sembrar/plantar incluso en laderas.

Cooperativas de agua potable rural hacia el Estado

La situación de grave escasez en los sistemas de agua potable rural de la región ha llevado a los dirigentes de las cooperativas a señalar que el Estado está siendo negligente en su actuar, al permitir la construcción indiscriminada e incluso ilegal de pozos por parte de los agricultores. Señalan no entender que el Estado no tome medidas urgentes cuando hay comunidades sin agua a lo largo del país. Al respecto, manifiestan que se viola sistemáticamente el derecho humano al agua, pues se trata de comunidades que deben abastecerse con camiones aljibe y sobrevivir con 50 litros por persona, cantidad insuficiente para la alimentación, aseo, lavado de ropa, bebida para animales, riego de árboles y jardines domésticos. Consideran que esto es producto de una total inconsciencia por parte del Estado, pues algunas de estas comunidades vienen clamando por años y a la fecha no han tenido la respuesta que necesitan¹⁶.

Asimismo, señalan no entender que la deforestación de laderas sea en buena parte producida por el fomento y subsidio del Estado al riego tecnificado, el cual se ha adoptado para optimizar los usos del agua. Para los dirigentes, este sistema no permite generar excedentes de agua que recarguen las napas subterráneas y puedan brindar sostenibilidad a los acuíferos. Apuntan que se ha incentivado el riego tecnificado sin incluir medidas que establezca límites a las plantaciones, dando como resultado que el agua que se ahorra con esta tecnología termina siendo utilizada para expandir la superficie de las explotaciones agrícolas, con un uso indiscriminado de los recursos hídricos¹⁷.

Finalmente, señalan no entender que el Estado autorice industrias que impactan fuertemente la cantidad y calidad de las aguas, como sucede con la minería, y que además en el país se sigan vendiendo químicos para la agricultura que en otros países están prohibidos, como el glifosato, con el inmenso riesgo a la salud que ello implica y el impacto en la contaminación de aguas.

DESAFÍOS PARA LA GESTIÓN SUSTENTABLE DEL RECURSO HÍDRICO

En vista de la situación actual y las problemáticas de la subcuenca del río Tinguiririca, a continuación, se presenta una síntesis de los desafíos en materia de gobernanza hídrica, teniendo en consideración objetivos de seguridad hídrica, resiliencia climática y seguridad alimentaria.

Estos desafíos fueron sistematizados a partir de la revisión de fuentes secundarias y el levantamiento de información primaria (Cuadro 8).

¹⁶ (...) "No entendemos que el Estado esté comprando derechos de agua a particulares para otorgar a comunidades sin agua, cuando estos particulares la obtuvieron de forma gratuita. Tampoco entendemos que los servicios de agua potable rural tengan que comprar agua a sanitarias o a juntas de vigilancia para proveer a su población, con sus correspondientes consecuencias en costos y calidad" (Asociación de servicios de agua potable rural de la Región de O'Higgins, en discusión con el autor, noviembre de 2019).

¹⁷ (...) "Al final, los únicos que se benefician con esta tecnología son el sector agropecuario y la industria en general, en desmedro de las comunidades que conviven en el mismo territorio, lo que nos parece aberrante" (Asociación de servicios de agua potable rural de la Región de O'Higgins, en discusión con el autor, noviembre de 2019).

Cuadro 8. Resultados 1: desafíos en materia de gobernanza hídrica en la subcuenca del río Tinguiririca

Tema	Desafíos identificados por los actores
Gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecer la confianza entre actores, su coordinación efectiva, y la prevención/resolución de conflictos producto de la crisis hídrica (agua potable-riego-hidroelectricidad-minería). Fortalecer la institucionalidad pública y privada competente (eficiencia y capacidades de la Dirección General de Aguas, extensionistas del Ministerio de Agricultura [MINAGRI]; coordinación entre entidades de apoyo y constitución de comunidades de aguas subterráneas). Mejorar las capacidades adaptativas por parte de las entidades públicas y privadas para hacer frente a los desafíos de la gestión del agua a largo plazo. Mejorar la planificación del territorio (conservación de tierras y aguas en seco y cordillera), resguardar el suelo de uso agrícola y regular la expansión de riego en función de la disponibilidad de agua y teniendo en cuenta el cambio climático. Reglamentar el uso eficiente del agua y promover sistemas de riego con tecnologías eficientes de riego por goteo y aspersión, cultivos de alto valor con menos demanda de agua (como la vid, los olivos, cítricos y horticultura) y reúso de aguas residuales. Generar nueva información (análisis <i>in situ</i> entre grupos de actores), compartirla, integrarla (entre actores públicos y con privados) y modernizar su gestión para una toma de decisiones informada.
Seguridad alimentaria	<ul style="list-style-type: none"> Mitigar la reducción de la pequeña agricultura, especialmente aquella con vulnerabilidad hídrica (sin derechos de aprovechamiento de aguas, o bien con derechos de aprovechamiento precarios). Salvaguardar la inocuidad del agua en zonas rurales (saneamiento y reutilización de aguas grises y negras, apoyo a la pequeña agricultura en el uso saludable del agua e higiene). Adaptar la ganadería (extensiva, incluido trashumante e intensiva) a la capacidad de carga de los territorios y las condiciones de sequía con el objeto de restaurar tierras degradadas (por ejemplo, nuevas formas de manejo para reducir el sobrepastoreo y mejorar la alimentación y productividad del ganado, rotación y restauración de praderas, producción de forrajes, selección del ganado resiliente, captación de agua y conducción en abrevaderos).
Resiliencia climática	<ul style="list-style-type: none"> Actualizar los instrumentos de fomento, conforme a las necesidades locales de adaptación al cambio climático: <ul style="list-style-type: none"> capacitación e incentivos para la gestión participativa de la subcuenca con todos los actores (contabilidad de agua, planes de gestión de suelo y agua, toma de decisiones); capacitación de la pequeña agricultura (escuelas de productores para aprendizaje en parcelas de tecnologías y sistemas de producción más resilientes, captación, almacenamiento y gestión eficiente de agua – riego tecnificado, ganadería adaptada al clima, cultivos resilientes, huertas, invernaderos, etc.). Mejorar la eficiencia hídrica en territorios agropecuarios para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático (transferencia y extensión en sectores vulnerables, modernización de infraestructura hidráulica, tecnificación intrapredial, monitoreo para satisfacer el requerimiento hídrico de cultivos).
Seguridad hídrica (y otros aspectos)	<ul style="list-style-type: none"> Regular la expansión de la demanda conforme con las proyecciones de disponibilidad hídrica en las cuencas y subcuencas, con énfasis en el control del riego (área, cultivos adaptadas) y la gestión de las aguas subterráneas (inventario y control de extracciones efectivas). Asegurar la disponibilidad hídrica para pequeños y grandes productores agropecuarios (conocimiento, medición, gestión, infraestructura y tecnologías eficientes). Asegurar la disponibilidad hídrica para el consumo humano, desarrollando un nuevo enfoque en la gestión de agua y la recarga del agua subterránea (cobertura vegetal y contornos para optimizar la infiltración de la lluvia, estructuras en los ríos y vegetación en los bordes para ralentizar el flujo hacia el mar, reducir la erosión y riesgos de inundación y daños arriba, recarga de acuíferos, abastecimiento de agua potable rural y captación en los hogares por techos y cisternas). Conservar patrimonio y servicios hidrológicos que contribuyen a la competitividad y bienestar de los territorios de la subcuenca (asegurar caudales mínimos, disminuir carga de contaminantes, gestión de uso de fertilizantes y otros agroquímicos, control de uso de plaguicidas, incluido contaminantes orgánicos persistentes).

ANÁLISIS DE BRECHAS

Los doce desafíos enunciados en el Cuadro 8 fueron presentados al Taller de devolución de hallazgos realizado en diciembre de 2019, con el objeto de someterlos a revisión, priorización e identificación conjunta de brechas a abordar para subsanarlos.

Como resultado de la actividad, fueron seleccionados cuatro desafíos, a saber:

- Mejorar la **eficiencia hídrica** para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático.
- Regular la **expansión de la demanda** conforme con las proyecciones de disponibilidad hídrica, con énfasis en las aguas subterráneas.

- Asegurar la **disponibilidad hídrica** para la **producción y consumo**, nuevo enfoque en la gestión de agua subterránea.

- Fortalecer la **institucionalidad** pública y privada competente.

Para cada uno de estos desafíos se identificó brechas de carácter cualitativo en las siguientes categorías:

- brechas de infraestructura;
- brechas de política y planificación;
- brechas de administración;
- brechas de conocimiento e información.

El Cuadro 9 resume las brechas identificadas para los cuatro desafíos priorizados.

Cuadro 9. Resultados 2: brechas a abordar para enfrentar los desafíos priorizados

Desafío	Tema	Brechas
1. Mejorar la eficiencia hídrica en territorios agropecuarios para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático	Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de embalses de diferentes tamaños (grandes, medianos y pequeños estanques) para sostener actividades agropecuarias • Redes de canales y obras de distribución variables en todo el valle bajo cota del embalse Convento Viejo • Tecnificación intrapredial en la aplicación del agua de riego • Aumento en capacidad de embalse Convento Viejo (de 237 hm³ a 454 hm³) para abastecer sectores del río Tinguiririca, esteros de derrames del río Tinguiririca y estero Chimbarongo, generar nuevas zonas de riego en Marchigüe y Peralillo y asegurar zonas regadas de las microcuencas que no disponen de caudales suficientes • Construcción de embalses y/o estanques con membranas impermeables en cola de canales (con paneles solares para levantar agua a zonas interiores y esteros derivados) • Protección, reforestación y construcción de embalses de cabecera en el río Tinguiririca • Sistemas de almacenamiento (tranques acumuladores de temporada) con redes de distribución y vertederos en los ríos) • Desarrollo de una red de recarga de acuíferos (protección de humedales, gestión de la escorrentía con contornos y zanjas de desvío y retención, pozos profundos de captación, etc.) • Instalación de paredes moldeadas que permitan peraltar las napas y consumir aguas en temporada para suplir la falta de aguas superficiales
	Política y planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Visión desde el territorio (que las decisiones no se tomen desde Santiago) • Incentivos eficaces para la eficiencia hídrica • Apoyo para la implementación de cultivos acordes al territorio local y comercialmente rentables

Desafío	Tema	Brechas
1. Mejorar la eficiencia hídrica en territorios agropecuarios para disminuir la vulnerabilidad al cambio climático	Administración	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento en la gestión del embalse Convento Viejo: cambiar criterio de llenado, completar tercera fase • Facilitación de compras de agua de Convento Viejo para pequeños agricultores • Mejoramiento en la gestión y administración de las aguas subterráneas para proteger esteros y cuidar ecosistemas • Financiamiento por parte del Estado y privados para la innovación y transferencia tecnológica con el objeto de fomentar la adopción de medidas de captación y uso eficiente del agua • Fomento a la recarga de acuíferos, permitiendo uso de “cuenta corriente” de agua recargada
	Conocimiento e información	<ul style="list-style-type: none"> • Manejo integrado de información de medición, control, distribución y disponibilidad de los recursos hídricos • Medición de acuíferos (de recarga, de consumo, de niveles, de comportamiento y dinámica)
2. Regular la expansión de la demanda de agua en la agricultura/ riego conforme con las proyecciones de disponibilidad hídrica, con énfasis en el uso eficiente de agua y la gestión integrada de las aguas subterráneas y superficiales	Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de un sistema de recarga (infiltración) de acuíferos
	Política y planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación y ordenamiento territorial productivo silvoagropecuario a largo plazo, considerando el cambio climático y la variabilidad anual en la disponibilidad de recursos hídricos • Desarrollo de mecanismos de incentivos de inversión público-privada para realizar proyectos de captación, almacenamiento y riego tecnificado, a corto-mediano-largo plazo, teniendo en consideración la variabilidad anual en la disponibilidad de recursos hídricos • Inversión en ganadería de secano, como alternativa a la expansión del riego, para evitar aumentar la demanda de agua
	Administración	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de un organismo público-privado, con capacidad de toma de decisiones, que integre la gestión y administración de las aguas superficial y subterránea • Conformación de comunidades de aguas subterráneas • Control de extracciones efectivas de aguas subterráneas
	Conocimiento e información	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de información sobre aguas subterráneas (delimitación, aporte/pérdida, uso, disponibilidad, mecanismos de recarga) • Integración del conocimiento e información disponible respecto al estado y calidad de los recursos hídricos • Conciencia y responsabilidad de cada sector/usuario en relación a la menor disponibilidad hídrica actual y proyectada, la necesidad de reducir la demanda y mejorar la eficiencia del uso, así como mitigar la contaminación del agua

Desafío	Tema	Brechas
3. Asegurar la disponibilidad hídrica para la producción y consumo, nuevo enfoque en la gestión de cuenca y gestión integrada de aguas superficiales y subterráneas	Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> • Obras hidráulicas en cauces para ralentizar el flujo hacia el mar • Infiltración de acuíferos para recargar las napas subterráneas, con el objeto de mejorar los rendimientos de los pozos y así mejorar la capacidad de riego • Construcción de obras de conducción y distribución que permitan trasladar y distribuir aguas desde fuentes cercanas, minimizando pérdidas de agua • Promoción de estanques con membranas impermeables y sistemas de riego por goteo y aspersión para pequeños agricultores y abrevaderos para el ganado • Promoción de la captación de agua de lluvia en techos de casas y escuelas para huertas y usos domésticos e invernaderos
	Política y planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevo enfoque en la gestión del agua subterránea • Compatibilización de los distintos usos del agua asegurando acceso equitativo, calidad y saneamiento • Conservación de suelos y aguas a nivel de microcuenca (mayor infiltración, retención en el suelo y recarga) • Planificación y ordenamiento territorial a largo plazo a través del enfoque de gestión integrada y participativa de cuenca (de la microcuenca a la cuenca primaria) y el uso eficiente del agua en la agricultura, considerando el cambio climático y la variabilidad (anual e interanual) de la disponibilidad de recurso hídrico • Salvaguarda de los servicios ecosistémicos en microcuencas para la adaptación y mitigación del cambio climático (proteger y restaurar el ciclo hidrológico, secuestro de carbono y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero) • Planificación de la agricultura acorde a la disponibilidad del recurso hídrico considerando el nexo: agua, alimentación y energía
	Administración	<ul style="list-style-type: none"> • Regularización y fiscalización de la extracción y recarga de aguas subterráneas • Regularización de los derechos de aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas
	Conocimiento e información	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor conocimiento de la disponibilidad de agua para un correcto ajuste de la demanda
4. Fortalecer la institucionalidad pública y privada competente	Política y planificación	<ul style="list-style-type: none"> • Actualización de las leyes y la Constitución de la República, consistente con la nueva situación hídrica del país, dando prioridad al consumo humano • Ordenamiento territorial y planificación productiva acorde a las proyecciones de disponibilidad hídrica • Establecimiento de mecanismos que contribuyan a aumentar la confianza entre actores públicos y privados
	Administración	<ul style="list-style-type: none"> • Descentralización (dentro de la región) en materia de gestión de los recursos hídricos con capacitación y articulación entre actores a diferentes niveles de toma de decisiones • Asignación más eficiente de recursos para un reparto más equitativo, asegurando el acceso de los pequeños productores, con atención a las mujeres y jóvenes • Aumento de la cantidad de funcionarios públicos con enfoques de gestión territorial y de (micro)cuenca • Constitución de comunidades de aguas subterráneas • Fiscalización y regularización de obras como pozos, tranques, y extracción del agua de los ríos, etc. • Apoyo y fortalecimiento a la gestión y administración de las organizaciones de usuarios de agua miembros de las juntas de vigilancia • Simplificación de los trámites vinculados al riego
	Conocimiento e información	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la entrega de información de programas, proyectos y concursos públicos, haciéndolos entendibles a todos los agricultores • Estrategia de comunicación dirigida hacia los productores agrícolas (radio, televisión, ferias, etc.) y canales de comunicación efectivos entre ellos





CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La subcuenca presenta asimetrías territoriales, socioeconómicas y políticas que amenazan la seguridad hídrica y alimentaria.
2. A pesar de la amplia gama de instrumentos de planificación pública disponibles, persisten dificultades para subsanar los conflictos, principalmente entre usuarios de agua para consumo humano y agropecuario (agudizados por la megasequía), así como articular compromisos del sector privado.
3. Las estrategias de la institucionalidad competente para desarrollar áreas con baja seguridad de abastecimiento hídrico (secano, colas de canal y sectores con descenso de nivel freático) no dan cuenta aún de su particular afectación por la megasequía y la necesidad de ajustarse a la disponibilidad proyectada de recursos hídricos y la capacidad de carga agropecuaria de los territorios.
4. Se evidencia un desajuste de determinados instrumentos de fomento del Estado a la nueva realidad del sector silvoagropecuario, la ruralidad y la pequeña agricultura.
5. Sin perjuicio de las inversiones privadas y subsidios/créditos del Estado, la productividad del agua en la agricultura y la seguridad de riego en la subcuenca son aún insuficientes para hacer frente a la megasequía y las tendencias climáticas.
6. La actual gestión de las aguas subterráneas por parte de la institucionalidad y los usuarios con derechos de aprovechamiento no garantiza la sostenibilidad de su explotación.
7. Se evidencia la presencia de contaminantes de origen agropecuario y asociados a las descargas desde sistemas de tratamiento de aguas residuales en la subcuenca que amenazan la inocuidad de las cadenas agroalimentarias, las fuentes de agua para consumo humano, así como el estado de los ecosistemas acuáticos y sus servicios ambientales.
8. Se observa una falta de información integrada para la toma de decisiones respecto de los recursos y servicios hídricos de la subcuenca (condiciones agroclimáticas locales, extracción de aguas subterráneas, balance hídrico e hidrogeológico actualizados, cobertura de la red de telemetría,

pronósticos de caudales), así como deficiencias en la divulgación entre los actores públicos y privados que contribuyen a la desconfianza entre sectores usuarios.

9. Existe una percepción compartida respecto a la baja colaboración/coordinación intersectorial en la subcuenca, así como las limitadas capacidades y recursos humanos/financieros de la institucionalidad competente para el ejercicio de sus atribuciones en materia de regulación, fiscalización y sanción.

RECOMENDACIONES

1. Promover el resguardo de la seguridad hídrica y alimentaria en la subcuenca en las agendas e iniciativas públicas, reforzando la intersectorialidad descentralizada (agricultura-medio ambiente-agua), incorporando actores representativos de grupos vulnerables (pequeña agricultura y usuarios con limitaciones de acceso al agua) y fortaleciendo sus capacidades organizacionales y técnicas.
2. Acordar una planificación estratégica hídrica a nivel de subcuenca que armonice el consumo humano y agropecuario y comprometa el accionar de actores públicos y privados, integrando las competencias e instrumentos de planificación sectoriales (DGA, MMA) y territoriales (Gobierno Regional, municipios, Ministerio de Vivienda y Urbanismo) existentes.
3. Acelerar la adaptación de las estrategias de desarrollo de las áreas con baja seguridad de abastecimiento hídrico a las especificidades territoriales, su capacidad de carga y otras limitaciones, velando por la resiliencia climática, opciones de producción silvoagropecuaria climáticamente inteligentes y el ajuste de la demanda hídrica zonal de los rubros silvoagropecuarios.
4. Evaluar la pertinencia, eficiencia y eficacia de los actuales instrumentos de fomento sectoriales, subnacionales y locales, en orden a optimizar su diseño, requisitos y operatoria conforme a la nueva realidad del sector silvoagropecuario, la ruralidad y la pequeña agricultura.

5. Acelerar la modernización del riego orientada a incrementar de manera sostenible la productividad del agua en la agricultura y la seguridad de riego en las actuales tierras irrigadas.

6. Impulsar la construcción de una estructura público-privada de gobernanza de las aguas subterráneas en la subcuenca, partiendo por la conformación de comunidad(es) de aguas subterráneas y un esquema de vinculación con las principales organizaciones de usuarios de aguas superficiales.

7. Normar y monitorear la presencia de contaminantes de origen agropecuario y residencial en el proceso normativo en curso (norma secundaria de calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Rapel), considerando parámetros

relacionados con los principales plaguicidas peligrosos de uso silvoagropecuario, la calidad física (turbidez) y microbiológica (asociada a aguas residuales).

8. Promover alianzas público-privadas para integrar y divulgar la información disponible, así como suplir brechas de información relevantes para mejorar la toma de decisiones respecto de los recursos y servicios hídricos de la subcuenca.

9. Fortalecer la colaboración/coordinación intersectorial en la subcuenca y la sinergia con los gobiernos locales, así como las capacidades y recursos de la institucionalidad competente para resguardar la explotación sostenible y la conservación de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial (BM).** 2013. *Chile: Estudio para el mejoramiento del marco institucional para la gestión del agua*. Washington. 220 pp. (disponible en: <https://research.csiro.au/gestion-copiapo/wp-content/uploads/sites/216/2018/01/010-Estudio-para-el-Mejoramiento-del-Marco-Institucional-para-la-Gestion-del-Agua-DGA-BM-2013.pdf>).
- Benito, L.** 2017. *Análisis para la gestión de la recarga de aguas en la cuenca del río Tinguiririca* (memoria de título). Santiago, Universidad de Chile. 137 pp. (disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/150687/Analisis-para-la-gestion-de-la-recarga-de-aguas-en-la-cuenca-del-R%C3%ADo-Tinguiririca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>).
- Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2).** 2015. *Informe a la Nación. La megasequía 2010-2015: Una lección para el futuro*. Santiago. 28 pp. (disponible en: <http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2015/11/informe-megasequia-cr21.pdf>).
- Comisión Nacional de Riego (CNR).** 2016. *Estudio básico: Diagnóstico para desarrollar plan de riego en Tinguiririca*. Santa Cruz, Chile. 658 pp. (disponible en: http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26774/CNR-0455_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Cordero, R., Asencio, V., Feron, S., Damiani, A., Llanillo, P., Sepúlveda, E., Jorquera, J., Carrasco, J. y Casassa, G.** 2019. Dry-season snow cover losses in the Andes (18°-40°S) driven by changes in large-scale climate modes. *Scientific Reports* 9: 16945. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53486-7>.
- Decreto 100.** Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Santiago, Chile, 17 de septiembre de 2005. (disponible en: <http://bcn.cl/2m5kz>).
- Decreto 236.** Ministerio de Relaciones Exteriores, Santiago, Chile, 2 de octubre de 2008. (disponible en: <http://bcn.cl/2fx8e>).
- Decreto 900.** Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile, 31 de octubre de 1996. (disponible en: <http://bcn.cl/2m5m6>).
- Decreto con Fuerza de Ley 1.** Ministerio de Justicia, Santiago, Chile, 16 de mayo de 2000. (disponible en: <http://bcn.cl/2f8ub>).
- Decreto con Fuerza de Ley 382.** Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile, 30 de diciembre de 1988. (disponible en: <http://bcn.cl/2k24z>).
- Decreto con Fuerza de Ley 1122.** Ministerio de Justicia, Santiago, Chile, 27 de enero de 2018. (disponible en: <http://bcn.cl/2f8tw>).
- Decreto con Fuerza de Ley 1123.** Ministerio de Justicia, Santiago, Chile, 13 de agosto de 1981. (disponible en: <http://bcn.cl/2m5lx>).
- Dirección General de Aguas (DGA).** 2004. *Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del río Rapel*. Santiago, Ministerio de Obras Públicas. 190 pp. (disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/12/Rapel.pdf>).
- DGA.** 2005. *Evaluación de los recursos hídricos subterráneos de la VI región: Modelación hidrogeológica de los valles de Alhué, Cachapoal y Tinguiririca*. SDT n° 209. Santiago, Ministerio de Obras Públicas. 273 pp. (disponible en: <https://research.csiro.au/gestion-rapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Evaluaci%C3%B3n-de-los-recursos-h%C3%ADdricos-subterr%C3%A1neos-de-la-VI-Regi%C3%B3n-Modelaci%C3%B3n-Hidrogeol%C3%B3gica-de-los-Valles-de-Alhu%C3%A9-Cachapoal-y-Tinguiririca-2005.pdf>).

DGA. 2013. *Levantamiento hidrogeológico en cuencas pluviales costeras en la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins y Región del Bío-Bío. Informe final.* Santiago, Ministerio de Obras Públicas. 280 pp. (disponible en: <https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Levantamiento-hidrogeol%C3%B3gico-en-cuencas-pluviales-costeras-en-la-regi%C3%B3n-OHiggins-y-B%C3%ADo-B%C3%ADo-2013.pdf>).

DGA. 2015a. *Información hídrica de las cuencas priorizadas, fichas temáticas: cuenca Tinguiririca.* Santiago, Ministerio de Obras Públicas. 5 pp. (disponible en: <https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Informaci%C3%B3n-H%C3%ADdrica-de-las-Cuencas-Priorizadas-Fichas-Tem%C3%A1ticas-Cuenca-Tinguiririca-2015.pdf>).

DGA. 2015b. *Investigación de los recursos hídricos en el acuífero de Marchigüe, Región Libertador General Bernardo O'Higgins. Informe final.* Santiago, Ministerio de Obras Públicas. 173 pp. (disponible en: <https://snia.mop.gob.cl/sad/SUB5616v1.pdf>).

DGA. 2016. *Atlas del Agua: Chile 2016.* Santiago, Ministerio de Obras Públicas. 24 pp. (disponible en: <http://www.dga.cl/DGADocuments/Atlas2016parte1-17marzo2016b.pdf>).

DGA. 2017. *Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile. Vol. II: Informe final.* SIT n° 419. Santiago, Ministerio de Obras Públicas. 1251 pp. (disponible en: <https://dga.mop.gob.cl/Estudios/01%20Informe/Informe%20Final%20Vol%20II.pdf>).

DGA. 2019a. *Pronóstico de caudales de deshielo temporada de riego 2019-2020.* SDT n° 419. Santiago, Ministerio de Obras Públicas. 25 pp. (disponible en: https://www.mop.cl/Documents/Pronostico_caudales_deshielo_temporada_2019_2020_DGA.pdf).

DGA. 2019b. *Información pluviométrica, fluviométrica, estado de embalses y aguas subterráneas.* Boletín N° 500, SSD N° 13729282. Santiago, Ministerio de Obras Públicas. 45 pp. (disponible en: <https://dga.mop.gob.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Informacin%20Mensual/Boletin%2012%20Diciembre.pdf>).

FAO. 2011. *La seguridad alimentaria: Información para la toma de decisiones. Guía práctica.* Roma. 4 pp. (disponible en: <http://www.fao.org/3/al936s/al936s00.pdf>).

FAO y Fundación Futuro Latinoamericano. 2019. *Informe de políticas. Resiliencia climática rural en América Latina: Una reseña de experiencias, lecciones aprendidas y escalamiento.* Quito. 20 pp. (disponible en: <http://www.fao.org/3/ca4632es/ca4632es.pdf>).

Fundación Chile. 2018. *Escenarios hídricos 2030. Radiografía del agua: Brecha y riesgo hídrico en Chile.* Santiago. 144 pp. (disponible en: <https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/05/radiografia-del-agua.pdf>).

Fundación Chile. 2019. *Escenarios hídricos 2030. Transición hídrica: El futuro del agua en Chile.* Santiago. 230 pp. (disponible en: <https://escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2020/06/futuro-del-agua.pdf>).

Garreaud, R. 2020. *Análisis: ¿Terminó la megasequía? Aún no, pero escapamos de la sequía extrema.* Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia. 28 de julio de 2020. (disponible en: <http://www.cr2.cl/analisis-termino-la-megasequia-aun-no-pero-escapamos-de-la-sequia-extrema-cr2/>). Acceso: 8 de noviembre de 2020.

Gobierno Regional (GORE) del Libertador General Bernardo O'Higgins. 2011. *Estrategia regional de desarrollo 2011-2020.* Rancagua, Chile. 250 pp. (disponible en: <https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Estrategia-Regional-de-Desarrollo-2011-2020.pdf>).

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). 2002. *Censo de población y vivienda 2002*. Santiago. (disponible en: <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/poblacion-y-vivienda>).

INE. 2012. *Censo de población y vivienda 2012*. Santiago. (disponible en: <https://www.ine.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/poblacion-y-vivienda>).

Ley 18450. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile, 22 de octubre de 1985. (disponible en: <http://bcn.cl/2li9t>).

Ley 19300. Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Santiago, Chile, 1 de marzo de 1994. (disponible en: <http://bcn.cl/2lumy>).

Ley 20283. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile, 11 de julio de 2008. (disponible en: <http://bcn.cl/2fcmf>).

Ministerio del Interior y Seguridad Pública (MinInterior). 2015. *Política nacional para los recursos hídricos 2015*. Santiago. 104 pp. (disponible en: https://www.interior.gob.cl/media/2015/04/recursos_hidricos.pdf).

Ministerio del Medio Ambiente (MMA). 2016. *Análisis general del impacto económico y social del anteproyecto de normas secundarias de calidad ambiental para la protección de las aguas continentales superficiales de la cuenca del río Rapel. Versión final*. Santiago. 115 pp. (disponible en: https://planesynormas.mma.gob.cl/archivos/2017/proyectos/Memo_N_1992017-MMA.pdf).

Ministerio de Obras Públicas (MOP). 2013. *Estrategia nacional de recursos hídricos 2012-2025*. Santiago. 40 pp. (disponible en: https://www.mop.cl/Documents/ENRH_2013_OK.pdf).

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2015. *Principios de Gobernanza del Agua de la OCDE*. Paris. 24 pp. (disponible en: <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/OECD-Principles-Water-spanish.pdf>).

Secretaría Regional Ministerial (SEREMI) de Agricultura, Región de O'Higgins. 2020. *Plan regional de recursos hídricos 2020-2029*. Rancagua, Chile.

Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente. 2020. Ríos de O'Higgins. (disponible en: <http://www.riosdeohiggins.cl/index.php>). Acceso: 8 de noviembre de 2020.

Toledo, H. 2015. *Análisis de tendencias de mediano plazo para precipitaciones y volúmenes de escorrentía de deshielo, entre los valles del Huasco y Bio-Bío* (memoria de título). Santiago, Universidad de Chile. 273 pp. (disponible en: <https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Analisis-de-tendencias-de-mediano-plazo-para-precipitaciones-y-volumenes-de-escorrentia-de-deshielo-2015.pdf>).





ANEXOS

ANEXO 1. LISTADO DE PERSONAS ENTREVISTADAS

Cuadro A1.1. Listado de personas entrevistadas

Nombre	Institución
Alfonso Romero	PRODESAL Chépica
Belén Barra	PRODESAL Marchigüe
Carolina Ugalde	PRODESAL Nancagua
Catalina Tobar	PRODESAL Peralillo
Cesar Mancilla	PRODESAL Chimbarongo
Claudia Catalán	PRODESAL Santa Cruz
Claudia Rojas	Universidad de O'Higgins
Cristian Silva	PRODESAL Placilla
Cristóbal Cerda	Agricultor Chépica
Daisy Cañas	SECPLAC Municipalidad Placilla
Francisco Gómez	PRODESAL San Fernando
Francisco Martínez	Tinguiririca Energía
Gabriella Bennison	CSIRO Chile
Graciela Correa	Federación de Juntas de Vigilancia
Gustavo Campos	Agricultor zona de Chimbarongo
José Antonio Aldunate	Embalse Convento Viejo
José Rivera	Asociación de servicios de agua potable rural Región de O'Higgins
Juan García	INDAP O'Higgins
Laura Pinheiro	Universidad de O'Higgins
Lisette Bosshard	SEREMI Agricultura O'Higgins
Luis Farías	Administrador Canal La Cuesta
Miguel Ángel Guzmán	Junta de Vigilancia del río Tinguiririca
Nicole Galaz	Unidad Medio Ambiente Municipalidad Placilla
Pamela García	SEREMI Agricultura O'Higgins
Patricio Larrabe	Proyecto Mejoramiento de la resiliencia al cambio climático
Paula Muñoz	Asociación de Canalistas El Huique-Las Trancas
Reinaldo Farías	Canal Santa Cruz Pinahue
Rodrigo Araneda	PRODESAL Palmilla
Verónica González	SEREMI Medio Ambiente O'Higgins

Nota: CSIRO: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation; INDAP: Instituto de Desarrollo Agropecuario; PRODESAL: Programa de Desarrollo Local; SECPLAC: Secretaría Comunal de Planificación Comunal; SEREMI: Secretaría Regional Ministerial.

ANEXO 2. ORGANIZACIONES DE USUARIOS DEL AGUA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO TINGUIRIRICA

Las organizaciones de usuarios del agua (OUA) son aquellas entidades con personalidad jurídica, reglamentadas en el Código de Aguas, formadas por dos o más personas con derechos de aprovechamiento sobre las aguas en un mismo río, acuífero, canal, embalse u otra obra hidráulica de toma y distribución común. Tienen por objeto, fundamentalmente, la gestión y distribución de las aguas entre sus miembros conforme a derecho, administrar las obras comunes y resolver los conflictos entre uno o más usuarios, o entre éstos y la organización. Los principales tipos de organizaciones de usuarios que señala el Código de Aguas son las juntas de vigilancia, las asociaciones de canalistas, las comunidades de aguas superficiales y las comunidades de aguas subterráneas.

Juntas de vigilancia

a) Junta de Vigilancia del río Tinguiririca: agrupa 61 organizaciones de usuarios de aguas (16 de ellas son organizaciones de hecho, sin registro o con registro en trámite). Administra aproximadamente 27 600 acciones, distribuidas en 6 500 regantes en 43 mil hectáreas de riego. Su jurisdicción va desde el sector cordillera con seis hidroeléctricas hasta la zona de riego en Santa Cruz. Posee 60 canales matrices y 39 bocatomas. De la superficie de riego, el 50% la usan grandes productores, el 30% productores medianos y el 20% productores pequeños. El 80% corresponde a productores con superficie de riego menor de 12 ha.

b) Junta de Vigilancia estero Chimbarongo: agrupa 29 organizaciones de usuarios de aguas (20 legalmente constituidas). Son miembros de esta junta de vigilancia las asociaciones de canalistas y las comunidades de agua que tienen derechos constituidos en el estero Chimbarongo y en el embalse de Convento Viejo. Abarca desde el nacimiento del estero Chimbarongo y sus afluentes, hasta su confluencia con el río Tinguiririca y en el embalse de Convento Viejo. La superficie de riego alcanza las 36 mil ha, aproximadamente. La junta de vigilancia cuenta con una moderna red de monitoreo de caudales para cada bocatoma del estero. Esta tecnología permite el monitoreo instantáneo de caudales y la administración remota de sus compuertas, optimizando la gestión de la junta y asegurando la correcta entrega de caudales a los canales de riego.

c) Junta de Vigilancia estero Puquillay: posee 13 organizaciones de usuarios de aguas (todas legalmente constituidas). La jurisdicción de esta junta de vigilancia comprende el estero Puquillay, desde la bocatoma del canal Cerrillos hasta la desembocadura en el estero Chimbarongo. La superficie de riego alcanza las 1,2 mil ha, aproximadamente.

Comunidades de aguas y asociaciones de canalistas

a) "Estero Guirivilo" que cuenta con nueve organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.

b) "Estero Las Arañas" con cinco organizaciones de usuarios de aguas que cuentan con registro en el Catastro Público de Aguas (CPA) de la DGA.

c) "Estero Las Toscas" se encuentran 12 organizaciones de usuarios de aguas (ocho conformadas legalmente, dos sin inscripción en el CBR y dos de hecho – sin registro en el CPA).

d) "Estero Talcamávida" con nueve organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.

e) "Estero Calicanto" con seis organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.

f) "Estero Chacarillas" con dos organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.

g) "Estero Las Piedras" con cuatro organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.

- h) "Estero Pidihuinco o Tordillo" con tres organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.
- i) "Estero Peralillo" con dos organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.
- j) "Estero El Buitre" con seis organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.
- k) "Estero La Limosna" con tres organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.
- l) "Estero El Cerro" con siete organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.
- m) "Estero Los Canales" con cuatro organizaciones de usuarios de aguas conformadas legalmente.

ANEXO 3. METODOLOGÍA DE ENTREVISTAS

La entrevista se define como una conversación que se propone con un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos.

En el presente estudio de caso se aplicó un programa de entrevistas semiestructuradas. Este tipo de entrevistas presenta un grado mayor de flexibilidad que las estructuradas, debido a que parten de preguntas planeadas, que pueden ajustarse a los entrevistados. Su ventaja radica en la posibilidad de adaptarse a los sujetos, permitiendo que el entrevistado aporte nuevos elementos, significaciones y apreciaciones sobre el tema en cuestión, logrando así una información enriquecida.

Para efectos de este estudio, se preparó una pauta de entrevistas con preguntas gatilladoras según los temas y tópicos, conforme a los objetivos definidos (véase el Cuadro A3.1). Esta pauta se utilizó de manera que el entrevistado pudiera hablar de manera libre y espontánea, modificando en determinadas situaciones el orden y contenido de las preguntas acorde al proceso de la entrevista (véase el Cuadro A3.2).

Cuadro A3.1. Temas y tópicos de las entrevistas

Temas	Tópicos
Gobernanza	Confianza en las instituciones Coordinación e integración en la gestión del agua Gestión del conocimiento y la información
Seguridad alimentaria	Situación de la pequeña agricultura ante la escasez hídrica Acceso a alimentos por parte de las comunidades rurales Calidad de las aguas
Resiliencia climática	Efectos del cambio climático Adaptación al cambio climático Eficiencia hídrica
Seguridad hídrica	Disponibilidad de los recursos hídricos Demanda de recursos hídricos Balance hídrico

Cuadro A3.2. Pauta de entrevistas

Gobernanza
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto confía en las instituciones a cargo de las aguas en el territorio? • ¿Cuán coordinada e integrada es la gestión de las aguas en el territorio? • ¿Cómo califica los procesos, a todos los niveles, por los cuales el sector público y el privado articulan sus intereses; enmarcan y priorizan temas; y toman decisiones y las aplican? ¿Cómo efectúan su seguimiento y hacen que se cumplan? • ¿Qué piensa de la efectividad de la gobernanza (definir objetivos y metas de política de agua sostenibles y claros en todos los niveles de gobierno, implementarlos y cumplirlos)? • ¿Qué piensa de la eficiencia de la gobernanza (maximizar los beneficios de la gestión sostenible del agua y el bienestar al menor costo para la sociedad)? • ¿Qué fortalezas, avances, logros, buenas prácticas y experiencias escalables a otros territorios usted identifica? • ¿Qué aspectos pendientes, problemas, brechas y desafíos de gobernanza del agua usted identifica en este territorio?
Seguridad alimentaria
<ul style="list-style-type: none"> • ¿El agua está limitando la producción de alimentos y causando pobreza y hambre en el territorio? • ¿Los efectos del clima en el agua generan inestabilidad en la disponibilidad, acceso y/o utilización de los alimentos (corto, mediano o largo plazo)?
Resiliencia climática
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto piensa que el territorio es capaz de resistir, adaptarse y recuperarse de los efectos de la variabilidad y el cambio climático? • ¿Cómo se están gestionando los riesgos generados por las amenazas climáticas (peligros) y las vulnerabilidades (susceptibilidades) presentes? • ¿Cómo se están ajustando los sistemas humanos (adaptación)?
Seguridad hídrica
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se encuentra el territorio en términos de disponibilidad de aguas (escasez, acceso, excesos)? • ¿Cuán adaptado se encuentra a la variabilidad y al cambio climático? • ¿En qué condiciones se encuentra la calidad de las aguas (contaminación, salinización, eutrofización) y cuáles son las tendencias? • ¿El agua en el territorio sigue brindando los servicios que solía dar en el pasado (naturaleza, patrimonio, aprovisionamiento, regulación)? • ¿Piensa que la situación de las aguas en el territorio va a mejorar, quedar igual o empeorar? • ¿Cómo evalúa la capacidad de la población del territorio para salvaguardar el acceso sostenible a cantidades adecuadas de agua con calidad aceptable? • ¿Cuánto se puede sostener los medios de vida, el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico? • ¿Cuánto se puede garantizar la protección contra la contaminación transmitida por el agua y los desastres relacionados con el agua? • ¿Cuánto se puede garantizar la conservación de los ecosistemas (asociados a los cursos y cuerpos de agua)?

La identificación de los actores se realizó en conjunto con la Comisión Nacional de Riego (CNR). En términos generales, se aplicó criterios que permitieron acotar con el mayor grado de objetividad posible la muestra de actores a entrevistar. Estos criterios se aplicaron para la identificación de personas relacionadas con el sector público, el sector privado, la ciudadanía, y los centros de estudio y/o investigación.

Se tomó contacto por vía telefónica con cada persona, con el objeto de acordar la fecha, hora y lugar de la entrevista. Todas las entrevistas fueron realizadas de manera presencial (cara a cara).

Como preámbulo a cada entrevista, se tuvo especial cuidado en explicar al entrevistado los objetivos del estudio, el propósito de la entrevista y solicitar autorización para grabarla. Asimismo, se tomaron datos personales, tales como:

- a) cargo que desempeña en la institución;
- b) dirección de correo electrónico;
- c) número de teléfono (móvil o fijo).

Durante el transcurso de la entrevista se procuró no interrumpir el curso del pensamiento del entrevistado y dar libertad de tratar otros temas relacionados con las preguntas. Con prudencia y sin presión se invitó al entrevistado a explicar, profundizar o aclarar aspectos relevantes para el propósito del estudio.

Al cierre de cada entrevista, junto con agradecer al entrevistado, se le invitó al taller de devolución.

Una vez efectuadas las entrevistas, se procedió a transcribir las grabaciones y realizar su correspondiente análisis e interpretación.

ANEXO 4. RESULTADOS WEBINAR

A continuación, se presentan las ideas centrales desarrolladas por los participantes del panel en el webinar realizado el 2 de julio de 2020.

Comisión Nacional de Riego (CNR)

- Destaca su acuerdo con las brechas identificadas en el estudio. Señala que parte importante de estas brechas ha sido identificada por el Plan Regional de Recursos Hídricos 2020-2029 y que esto demuestra la coincidencia de los distintos actores de la subcuenca en relación al diagnóstico.
- En relación a las aguas subterráneas, menciona la reciente experiencia (estudio piloto) de recarga de acuífero en la subcuenca del río Cachapoal. En este sentido, destaca el estudio realizado por CSIRO Chile en relación a una guía metodológica de recarga de acuíferos. Esta guía contaría con herramientas prácticas para que los usuarios implementen proyectos de recarga.
- Hace hincapié en que deberá ser a través de la Ley de Fomento del Riego que se asignen recursos (por medio de concurso público) para la infiltración de acuíferos.
- Junto con señalar que la región no cuenta por el momento con organizaciones de usuarios de agua subterránea, menciona que se encuentra en elaboración los términos de referencia para un programa de difusión y concientización en relación a la importancia de constituir comunidades de aguas subterráneas.

Dirección General de Aguas (DGA)

- Plantea la necesidad de fortalecer la gestión del agua en la subcuenca, transitando de una gestión sectorial a una gestión integrada. Dicha integración hace referencia al agua superficial y subterránea, así como a los diferentes usos y usuarios (por ejemplo, aguas arriba y aguas abajo).
- Destaca la coordinación interinstitucional entre su dependencia (la DGA) y la Comisión Nacional de Riego, particularmente en relación al monitoreo de extracción efectiva de aguas subterráneas y la constitución de nuevas organizaciones de usuarios de aguas.
- En relación a la constitución de comunidades de aguas subterráneas, señala que ésta debe ocurrir en coordinación con la constitución de las comunidades de aguas superficiales y que las juntas de vigilancia debieran ser el ente coordinador de los distintos acuíferos.
- Hace hincapié en que mejorar la gobernanza de los recursos hídricos en territorios agropecuarios se logra principalmente fortaleciendo las organizaciones de usuarios del agua.

Dirección Regional, Instituto De Desarrollo Agropecuario (INDAP)

- Señala que el actual sistema de administración y gobernanza de los recursos hídricos de la subcuenca ha causado "roces" e incluso "quiebres" entre distintos actores (usuarios).
- Coincidiendo con el diagnóstico del informe, destaca la situación "desfavorable" en la que se encuentran los pequeños agricultores de la subcuenca ante los impactos de la megasequía.

- Destaca la urgencia de modernizar las herramientas de fomento de la agricultura, así como actualizar la información con que se cuenta para la toma de decisiones.
- Hace hincapié en el fuerte aumento en asignación de recursos por parte del Estado en orden a mejorar la eficiencia del riego en la agricultura.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)

- Señala la importancia de seleccionar junto con la CNR y DGA las prioridades para el apoyo de la FAO en el ámbito de la cooperación con el Gobierno de Chile.
- Propone la implementación de un estudio piloto de gestión de microcuencas para mostrar que es posible mejorar la gestión de los recursos hídricos a través de un enfoque agrosilvopastoril. Al respecto, destaca que este piloto debe demostrar que es posible abordar los problemas de gestión y gobernanza del agua, trabajando en conjunto con los usuarios.



ISBN 978-92-5-134042-4



9 789251 340424

CB3617ES/1/03.21