



ESCENARIOS
HÍDRICOS
2030
CHILE

CUENCAS REGENERATIVAS

DE LA CRISIS A LA
SEGURIDAD HÍDRICA
HOJA DE RUTA MAIPO Y MAULE

AGOSTO, 2022

Las cuencas son territorios que cumplen un rol importante en el ciclo hidrológico, permitiendo la circulación del agua y creando las condiciones adecuadas para la vida, el desarrollo y la resiliencia. En ellas, los sistemas naturales cumplen funciones y servicios trascendentales, no solo para el ciclo del agua, sino que para otros ciclos de la tierra y la supervivencia de los seres vivos.

Cuencas regenerativas es un concepto que amplía las fronteras de “cuencas sustentables” que sugiere mejorar la relación humana con la naturaleza, buscando que las acciones y/o prácticas realizadas en los territorios tengan una visión integral, sistémica y adaptable, pero por sobre todo que generen el escenario idóneo para que los ecosistemas utilicen su potencial sustentable y capacidad regenerativa para adaptarse a los cambios actuales y futuros.



CUENCAS REGENERATIVAS

DE LA CRISIS A LA SEGURIDAD HÍDRICA
HOJA DE RUTA MAIPO Y MAULE
Santiago de Chile, agosto 2022.

ISBN: 978-956-8200-65-7

Equipo Desarrollo y Edición de Contenidos:

- Paola Matus, Fundación Chile
- Valentina Cárdenas, Fundación Chile
- Claudia Galleguillos, Fundación Chile
- Ulrike Broschek, Fundación Chile
- Diego Luna, Fundación Futuro Latinoamericano
- Adriana López, Fundación Chile
- Paul Dourojeanni, Fundación Chile
- Gerardo Díaz, Fundación Chile
- Gabriel Caldés, consultor EH2030
- Claudia Maldonado, Fundación Chile
- Marcos Kulka, Fundación Chile
- Marina Hermosilla, Fundación Chile

Expertos que apoyaron el desarrollo de los distintos componentes de Cuencas Regenerativas:

- Manuel Contreras, Centro de Ecología Aplicada (CEA), Chile.
- José María Peralta, Centro de Ecología Aplicada (CEA), Chile.
- Alejandro Aguado, Centro de Ecología Aplicada (CEA), Chile.
- Alfredo Villalobos, Centro de Ecología Aplicada (CEA), Chile.
- Patricio Plíscoff, Universidad Católica de Chile.
- Joao Nascimento, WaterWays, Portugal.
- Nuno Barreiras, WaterWays, Portugal.
- Alex Godoy, Centro del Agua para la Agricultura (CAA), Chile.
- Felipe de la Hoz, Centro del Agua para la Agricultura (CAA), Chile.
- Diego Rivera, Centro del Agua para la Agricultura (CAA), Chile.

Comunicaciones y Marketing:

- Katherine Noack, Fundación Chile
- Loreto Velázquez, Fundación Chile
- Macarena León, Fundación Chile
- Andrea Lailhacar, Fundación Chile
- Javiera Ramírez, Fundación Chile

Edición General:

- María Laura Martínez
- Claudia Galleguillos C.

Diseño y Diagramación:

- Verónica Zurita V.

Foto Portada: Desembocadura Río Maule, Big_Chile.

Publicación sin fines comerciales. Reservados todos los derechos. Queda autorizada su reproducción y distribución con previa autorización y citando como fuente: Escenarios Hídricos 2030- EH2030. (2022). Cuencas Regenerativas, de la crisis a la Seguridad Hídrica. Hoja de Ruta Maipo y Maule. Fundación Chile, Santiago, Chile.

Consideraciones:

Los contenidos en esta propuesta son resultado de un proceso de diálogo que incluye la participación de 371 instituciones. Sin embargo, no representan, ni pretenden reflejar la opinión y/o visión individual de las entidades involucradas, sino que solo dar a conocer los mínimos comunes identificados. Ni tampoco interpretan necesariamente la posición de las organizaciones que forman parte del Comité Consultivo, responsable de otorgar la orientación estratégica para la realización del proceso. La sistematización y publicación de estos resultados es de total y completa responsabilidad de la Secretaría Ejecutiva de Escenarios Hídricos 2030, integrada por Fundación Chile, Fundación Futuro Latinoamericano y Fundación Avina.

COORDINACIÓN Y FACILITACIÓN



COMITÉ CONSULTIVO

Sector Público	ONGs y Comunidades	Sector Productivo	Academia

GOBERNANZA TALLERES MAIPO

Sector Público	ONGs y Comunidades	Sector Productivo	Academia
Ministerio de Medio Ambiente	Adapt Chile	Agrícola Los Lilenes S.A.	Instituto de Investigaciones Agropecuarias
Ministerio del Interior	Fundación Cosmos	Aguas Andinas	Universidad del Desarrollo
Ministerio de Obras Públicas	Consejo para la Defensa de Recursos Naturales	ESVAL S.A.	Universidad de Chile
SEREMI del Medio Ambiente, Región Metropolitana	ONG Ecosistemas	Asociación Cremial de Servicios de Agua Potable Rural	Universidad de Santiago de Chile
SEREMI de Agricultura, Región Metropolitana	The Nature Conservancy en Chile	Agricultores Cuncumén	Universidad Técnica Federico Santa María
Comisión Nacional de Riego	Fundación Batuco Sustentable	Asociación Agricultores de San Antonio	Centro de Cambio Global UC
Dirección General de Aguas	Fundación Newenko	Parque del Recuerdo	Centro del Agua-Universidad de Concepción
Dirección de Obras Hidráulicas, Región Metropolitana	Fundación por el Desarrollo Sostenible Pulso Ambiental	Polpaico	Fundación CSIRO Chile Research
Superintendencia de Servicios Sanitarios	ONG Yanapanaku	Compañía de Cervecerías Unidas	Pontificia Universidad Católica de Chile
Dirección de Planeamiento, Ministerio de Obras Públicas	Fundación Amulén	Corporación Desarrollo Estratégico de la Provincia San Antonio	CETAQUA
Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático	Fundación Canquén Verde	Fundación Anglo American	Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia (CR2)
Corporación de Fomento de la Producción	Fundación Nacional para la Superación de la Pobreza	AES Gener S.A.	Universidad Adolfo Ibáñez
Instituto de Desarrollo Agropecuario	ONG Corporación Altos de Cantillana	Nestlé	Centro de Políticas Públicas UC
Corporación Nacional Forestal	Cultiva	OJAs	Consultoras
Gobierno Regional Metropolitano de Santiago	Fundación Chile Verde	Asociación Canal de Pirque	ICASS (Ingeniería y Consultoría en Aguas Superficiales y Subterráneas)
Gobierno Regional de Valparaíso	Sindicatos Pescadores Artesanales Boca del Río Maipo	Junta de Vigilancia del Río Maipo, Primera Sección	WSP Consulting Chile
SSR	Asociación Parque Cordillera	Asociación Canal Huechún	AGA Consultores
Comité APR Campusano La Estancilla	Municipalidades	Asociación Canalistas Río Colina	Banco Interamericano de Desarrollo
APR Reina Norte	Municipalidad de Buin	Asociación Canal Chocalán	Centro de Ecología Aplicada
Coopagua Santo Domingo	Municipalidad de Paine	Canal Picano	AMLV Abogados
Comité APR Rungue	Municipalidad de San Antonio	Asociación de Canalistas Canal Huidobro	Ejercicio Libre
FESAN	Municipalidad de Til-Til	Sociedad del Canal de Maipo	Induambiente
Unión APR Cuenca Río Petorca	Municipalidad de Renca	Junta Vigilancia del Río Mapocho, Primera Sección	FS Abogados
APR Las Canteras	Municipalidad de Lo Barnechea		Nawi Monitoreo Ambiental
APR Hospital Champa	Municipalidad de Peñalolén		
Cooperativa Agua Potable el Melocotón Bajo Ltda.	Municipalidad de Providencia		
APR Manuel Rodríguez	Municipalidad de Puente Alto		
	Municipalidad de Recoleta		
	Municipalidad de María Pinto		
	Municipalidad de Colina		
	Municipalidad de Renca		
	Municipalidad de Santo Domingo		
	Municipalidad de Talagante		
	Municipalidad de San Pedro Lillo		

Foto: Claudia Galleguillos C. / Embalse Búllileo, Maule

GOBERNANZA TALLERES MAULE

Sector Público	ONGs y Comunidades	Sector Productivo	Academia
Ministerio de Minería	Centro Ecológico y Cultural Santa Rosa de Lavaderos	Agrícola Central	Centro de Formación Técnica San Agustín
Ministerio de Obras Públicas	ONG Sur Maule	ARAUCO S.A.	CITRA Universidad de Talca
Ministerio de Medio Ambiente	Fundación Acerca Redes	Colbún S.A.	INACAP de Curicó
SEREMI de Agricultura, Región del Maule	Municipalidades	ECONSSA Chile S. A.	Centro de Estudios del Futuro USACH
SEREMI de Energía, Región del Maule	Municipalidad de Longaví	ENEL Generación Chile S. A.	Universidad de Chile
SEREMI del Medio Ambiente, Región del Maule	Municipalidad de Maule	ESSBIO-Nuevo Sur	Universidad Católica del Maule
SEREMI de Desarrollo Social, Región del Maule	Municipalidad de Parral	Hidromaule	Universidad del Desarrollo
Servicio Agrícola y Ganadero	Municipalidad de Pencahue	San Clemente Foods S.A.	Universidad de Concepción
Superintendencia de Servicios Sanitarios	Municipalidad de Retiro	Watts Linares	Universidad de Gante
Comisión Nacional de Riego	Municipalidad de Talca	Sugal Chile	Universidad de Talca
Corporación Nacional Forestal	Municipalidad de San Rafael	OJAs	Centro del Agua-UdeC
Dirección General de Aguas	Municipalidad de San Javier	Junta de Vigilancia del Río Longaví y sus Afluentes	Colegio de Ingenieros Agrónomos de Chile
Dirección de Obras Hidráulicas	Municipalidad de Yerbas Buenas	Junta de Vigilancia del Río Maule	Universidad Mayor
Gobierno Regional del Maule	Municipalidad de San Fabián	Junta de Vigilancia del Río Ancoa	Thinkagro, Universidad de Talca
Instituto de Desarrollo Agropecuario	Municipalidad de San Clemente	Junta de Vigilancia del Río Lontué	Pontificia Universidad Católica de Chile
Instituto Forestal	Municipalidad de Constitución	Junta Vigilancia del Río Claro	Consultores
Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático	Municipalidad de Río Claro	Asociación Canalistas del Biobío Negrete	Everis
SERCOTEC	Municipalidad de Molina	Asociación Canal Melado	WSP Consultoras Chile
Maule Alimentaria	Asociación de Municipalidades de Chile	Asociación de Canalista Canal Pencahue	AWUA
SSR	SSR	Asociación de Canalistas del Canal Putagan	Banco Interamericano de Desarrollo
APR Santa Rosa de Maitenes	APR Cerrillos	Federación de Juntas de Vigilancia de la Región del Maule	Centro de Ecología Aplicada
Comité de Agua Potable Rural Carrizal	APR Las Garzas La Suiza	Comunidad Aguas Canal La Cañada	Ejercicio Libre
Comité de Agua Potable Rural Paso Nevado	APR La Isla Picazo Bajo	Comunidad de Aguas Canal Álamo	Aqualegal
Comité de APR San Joaquín de los Mayos	Comité APR San Isidro El Progreso	Comunidad de Aguas Canal El Carmen	CALAGRI/H2OLegal SpA
Comité de APR Quella	Comité Agua Potable Rural Bramadero		FS Abogados
Cooperativa Bobadilla	Comité APR La Caña		
Cooperativa de Agua Pellines	APR El Carmen		
Cooperativa de Agua Potable Cumpeo Ltda.	APR Maitencillo		
Cooperativa Las Mercedes	APR La Tercera-Chalet Quemado		
Cooperativa RAU	Comité de APR Paso Rari		
Corporación Linares	Comité APR Bajo Lircay		
APR Huaraculén	Comité de APR Quebrada de Agua		
Asociación Regional APR Los Largos	APR Puente Pando Mariñico San Javier		
APR Santa Isabel-Retiro	Comité de Agua Potable Lo Figueroa Pencahue		
APR San Isidro El Progreso	Comité de Agua Potable Vista Hermosa Alquihue		
Cooperativa de Servicios Sanitarios Colín	Comité APR San Manuel		
Comité Agua Potable Rural Los Montes	Cooperativa San Diego Ltda.		

ÍNDICE

1

PRÓLOGO	12
CO-CONSTRUYENDO EL FUTURO DEL AGUA	14
Transformación desde los territorios	16
METODOLOGÍA	20
Herramientas para el cambio regenerativo	

2

CUENCA DEL MAIPO	
DIAGNÓSTICO	
El Maipo bajo presión máxima	27
RESULTADOS	
El Maipo fluye hacia la creciente escasez	41
Brecha Hídrica	41
Curva de Abatimiento	52
El valor de los ecosistemas hídricos en la cuenca del río Maipo	56
Ruta del Agua: Regenerando el curso del río Maipo	60

3

CUENCA DEL MAULE	
DIAGNÓSTICO	
El Maule desafiado por el Cambio Climático	81
RESULTADOS	
El “viaje” del Maule al futuro	93
Brecha Hídrica	93
Curva de abatimiento	103
El valor de los ecosistemas hídricos en la cuenca del río Maule	107
Ruta del Agua: Fluyendo hacia la Seguridad Hídrica del río Maule	110

4

INSTRUMENTOS DE GESTIÓN	
Herramientas clave para la implementación de soluciones	128
FODA de Instrumentos de gestión fundamentales co-construidas en la cuenca de Maule y Maipo	132

5

RESUMEN CUENCAS MAIPO Y MAULE	137
REFLEXIONES FINALES	140
SIGLAS Y ABREVIATURAS	149
GLOSARIO DE TÉRMINOS	150
REFERENCIAS	153
ANEXOS	155
AGRADECIMIENTOS	156



PRÓLOGO
CO-CONSTRUYENDO EL FUTURO
DEL AGUA
METODOLOGÍA

Tenemos que cambiar la mirada, pasando de las respuestas de emergencia tradicionales a combinaciones de soluciones óptimas sostenibles, en base a principios de equidad social, ambiental y económica.

REGENERAR EL FUTURO ES AHORA

Un futuro con Seguridad Hídrica es posible

La megasequía suma un año más a su cuenta, mientras el paisaje cambia de tonalidades, los cursos de agua se empantan y se acerca la hora -como dice una canción- de "despedir a los glaciares".

Resignarse a transitar el escenario tendencial, haciendo lo mismo que se ha hecho hasta ahora, no tiene otro destino que la agudización de la crisis hídrica, detonando cada vez más conflictos entre los distintos usuarios del agua y amenazando la seguridad alimentaria.

A nivel de territorios, la historia puede tener otro final; o más bien, un nuevo comienzo, un reinicio del sistema que permita regenerar cuencas, recuperar el vínculo armonioso con la tierra y restablecer el ciclo del agua, este frágil círculo que se fue perdiendo a medida que aumentaban las presiones por el uso de los recursos hídricos.

La mirada de Escenarios Hídricos siempre ha sido de futuro, al 2030 y al 2050, pero entendiendo que la transformación es ahora, con el sentido de urgencia que requiere una tarea enorme como es la Seguridad Hídrica.

La buena noticia que hay en estas páginas es que es POSIBLE, que hay rutas para llegar a ese fin, nuevos caminos que abordan aquello que no queremos ver: las causas de la sequía son mayoritariamente de origen antrópico (Garreaud y otros, 2017).

La emergencia climática y la crisis hídrica nos desafían. Debemos movernos desde las soluciones grises individuales, a soluciones multipropósito

y verdes; desde el centralismo, a la toma de decisiones en los territorios; desde la gestión de la oferta, a la gestión de la demanda. Tenemos que cambiar la mirada, pasando de las respuestas de emergencia tradicionales a combinaciones de soluciones óptimas, en base a principios de equidad social, ambiental y económica.

Los usos del agua están compitiendo fuertemente entre sí debido a la escasez del recurso hídrico en las cuencas de Chile por lo que las soluciones deben realizarse con mirada colectiva.

Escenarios Hídricos 2030 pone en la mesa, como un bien público, hojas de ruta con un conjunto de soluciones para dos cuencas críticas de Chile: la cuenca del río Maipo, que abastece de agua potable a cerca del 40% de la población del país, y la del río Maule, que alberga cerca del 20% de la agricultura y producción de alimentos nacional.

Ambas hojas de ruta fueron construidas en base a la mejor información disponible, estudiando las cuencas durante más de dos años y con la participación directa de actores y comunidades de los territorios. La clave ha sido observar la cuenca como un gran sistema integrado y sinérgico, donde aquello que ocurre aguas arriba, repercute aguas abajo, entendiendo que -finalmente- todos los usuarios del recurso están conectados y tienen la oportunidad de implementar las acciones para una Transición Hídrica. Gobernanza a escala de cuencas, Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), reducción del consumo en los usuarios más intensivos y de reúso aguas residuales tratadas, planificación de sistemas de desalación multipropósito, son algunos de los caminos posibles.

PRÓLOGO

«Piensa globalmente, actúa localmente»
René Dubois (1901-1982)

Las Soluciones basadas en la Naturaleza, poco conocidas hasta ahora, han demostrado ser eficientes en aumentar la disponibilidad del recurso hídrico, mejorar su calidad, regular ciclos hidrológicos y proveer infraestructura natural de almacenamiento y conducción de agua, generando adaptación y resiliencia, siendo la base del ciclo del agua con un menor costo de implementación comparado con grandes proyectos de infraestructura (Hanson, C. *et al.*, 2011; Denjean, B. *et al.*, 2017). Estas medidas forman parte de la naturaleza y comunidad, siendo cercanas al ambiente y población, contando con importante aceptación social y ambiental. De ahí que el llamado es a impulsarlas decididamente.

Una de las lecciones que hemos aprendido en Escenarios Hídricos 2030 es que implementar soluciones hacia la Seguridad Hídrica implica innovar en todos los ámbitos: en cómo nos articulamos, en cómo alcanzamos acuerdos, en cómo construimos los marcos regulatorios e incentivos habilitantes y en cómo colaboramos y distribuimos el agua en los territorios, cruzando la frontera desde los intereses particulares hacia el interés colectivo, el bienestar común.

Es por eso que apostamos por un nuevo Chile, resiliente, de territorios regenerativos, con una nueva ética del agua inserta en la naturaleza y comunidad, con cantidad y calidad de agua suficiente para la salud de las comunidades, la subsistencia, los ecosistemas y el desarrollo productivo.

Ése es el desafío que tenemos por delante, como país, como sociedad: cambiar el curso del agua, y pasar de la crisis a la Seguridad Hídrica.

Equipo de Escenarios Hídricos 2030

Los datos demuestran que el 83% de las causas de los problemas de agua en los territorios obedece a factores antrópicos, entre los que destacan el 44% por una deficiente gestión hídrica y gobernanza, y un 17% por aumento de demanda (EH2030, 2019a).

CO-CONSTRUYENDO EL FUTURO DEL AGUA

Con la motivación de acelerar la implementación de soluciones concretas a la crisis del agua y anticiparse a una realidad futura aún más crítica, el 2016 surge Escenarios Hídricos 2030. Desde su origen, se planteó como una iniciativa colaborativa y dialogante, bajo la coordinación de Fundación Chile, Fundación Futuro Latinoamericano y Fundación Avina.

Ese origen asociativo sigue plenamente vigente y se ha profundizado en el trabajo territorial de las distintas cuencas, con el propósito de contrastar los datos técnicos con las realidades de los distintos grupos que utilizan el agua y sufren el impacto de su escasez.

En el caso de la elaboración de las respectivas Hojas de Ruta para las cuencas del río Maipo y Maule, fueron más de dos años de trabajo, identificando los “dolores” en el territorio y generando un diálogo multisectorial que tuvo lugar en 18 sesiones, a las que se sumaron otras 16 mesas técnicas y temáticas.

El trabajo territorial debió superar las dificultades que impuso la pandemia, pero en un contexto que a la vez reforzaba la necesidad de alcanzar la Seguridad Hídrica: Chile vivió en 2021 el cuarto año más seco de su historia, llegando a tener 54,3% de las comunas del país con decretos de escasez hídrica a junio del 2022 (DGA).

La evidencia de que el Cambio Climático es responsable directo de sólo el 17% de las causas de la escasez hídrica, es otro incentivo para sentarse a una mesa en que todos los que comparten el territorio deben hacerse responsables del suministro. Los datos demuestran que el 83% de las causas de los problemas de agua en los territorios obedece a factores antrópicos, entre los que destacan el 44% por una deficiente gestión hídrica y gobernanza, y un 17% por aumento de demanda de agua (EH2030, 2019a).

Tomar conciencia de que la cuenca es un sistema, donde las acciones de extracción de agua repercuten en el resto del territorio y el ciclo hídrico, es fundamental para ir construyendo sustentabilidad para el recurso. Esto no sólo incluye a los cursos de agua superficiales, sino también a los acuíferos: El 72% de los pozos de aguas subterráneas medidos están con un descenso significativo, donde la extracción de agua supera la capacidad de recarga natural de ellas (EH2030, 2018).

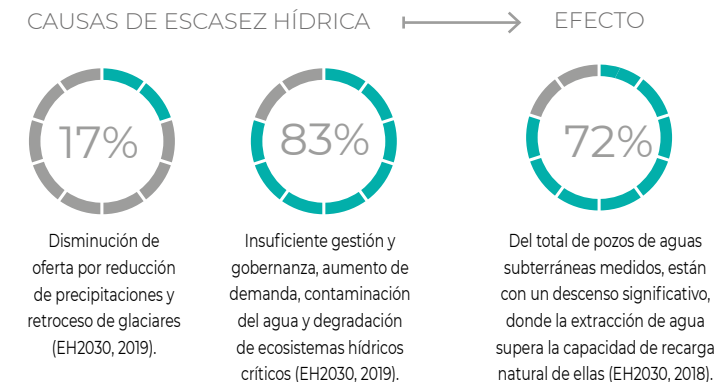
A los problemas de gestión hídrica local se suma la amenaza climática, la que -según las proyecciones- pone en riesgo a los sectores productivos nacionales, con

una pérdida que podría llegar al 28% del PIB de Chile al 2048, por consecuencias del Cambio Climático (Swiss Re, 2021).

En ese escenario, la Seguridad Hídrica parece casi una quimera. Enfrentarla con probabilidad de éxito requiere desplegar un conjunto de medidas, acciones y soluciones que abordan la Brecha y el Riesgo Hídrico en las cuencas hidrográficas del país, mitigando la sequía y aprovechando al máximo los recursos disponibles, como por ej. los excesos de agua de inundaciones, para ser almacenados y utilizados para paliar la escasez, sin afectar el medio ambiente.

Uno de los mayores desafíos para Chile es lograr equilibrar la oferta y demanda hídrica, generando oportunidades que permitan desacoplar el desarrollo productivo de las fuentes naturales de agua y conservar los servicios que presta la naturaleza.

No hay fórmulas mágicas. Todo lo planteado requiere de un plan consensuado y construido en forma participativa a escala de cuenca, de modo de unir voluntades y propósitos hacia el fin común: la Seguridad Hídrica de los territorios.



Fuente: Elaboración propia.

Transformación desde los territorios

Para enfrentar los grandes desafíos propuestos, Escenarios Hídricos 2030 desarrolló Hojas de Ruta para las cuencas de los ríos Maipo y Maule, a través de un proceso de diálogo y co-construcción a nivel local, sobre la base de acuerdos mínimos entre los actores claves del territorio e interesados directos en el agua.

Las Hojas de Ruta se basan en los ejes de la Transición Hídrica, los que fueron incluidos en los lineamientos estratégicos del proceso. Se co-construyó una metodología dirigida a seleccionar el conjunto de soluciones que enfrenten los principales problemas y que posean el potencial territorial para abordar la Brecha y el Riesgo Hídrico al 2050.

En este proceso de diálogo, se acordaron las metas que cada cuenca tendría de acuerdo con su realidad territorial y se adicionaron plazos, indicadores y actores para hacer el seguimiento y reportabilidad de cada una de las Hojas de Ruta.

El proceso de co-construcción de Escenarios Hídricos 2030, contó con la participación de más de 370 instituciones y 700 personas. Posicionarse en los territorios de las cuencas del río Maipo y Maule para la elaboración de las Hojas de Ruta, significó convocar a representantes de las comunidades, organizaciones, sectores productivos, ONGs, academia y sector público, contando con una activa participación a nivel nacional y territorial. En total, sumando ambas cuencas, el proceso incluyó 18 sesiones territoriales, 8 sesiones de mesas temáticas, 8 sesiones de comité consultivo y contó con la participación de más de 25 profesionales y expertos.



Fuente: Elaboración propia.

Proceso de co-construcción de Escenarios Hídricos 2030

+25
Profesionales y especialistas

18
Sesiones en las cuencas de Maule y Maipo

Agrícola y APR - ZONA 2
Objetivo: Optimizar

Transición Hídrica
Estrategia propuesta para alcanzar la seguridad hídrica

TXS



8
Sesiones de comité consultivo



+370
Instituciones participantes de EH2030



Proceso EH2030

Rol Municipal en la Gestión Hídrica
Modelo de Municipalidades

8
Sesiones de mesas temáticas

Webinar

Análisis Árbol de Problemas Cuenca del Maipo



EL COMPLEJO ESCENARIO HÍDRICO EN CHILE

Oportunidades de infiltración para la recuperación de acuíferos en las cuencas del Maule y Maipo
PANEL DE DISCUSIÓN



Fotos: Escenarios Hídricos

HERRAMIENTAS PARA EL CAMBIO REGENERATIVO

El proceso de construcción colectiva e identificación de las “fórmulas” para alcanzar la Seguridad Hídrica requería de herramientas que facilitaran cada una de las etapas. Con ese

objetivo, se buscaron metodologías existentes con validez científica a nivel internacional, que además fueran simples y costo-eficientes para su aplicación y sostenibilidad en el tiempo.

Por otro lado, fue necesario diseñar métodos que permitieran mejorar la toma de decisiones de los diversos actores vinculados al agua, con el fin de lograr trazar un camino viable que permita avanzar en este gran desafío para Chile.

Es así como se inició este nuevo camino de construcción colectiva, luego de haber publicado en 2019 la Transición Hídrica: el futuro del agua en Chile y Portafolio MAS, junto a diversos actores y sectores de la cuenca del río Maipo y Maule, donde se definieron 5 pasos claves para llegar a las soluciones consensuadas.



1 Conocer la realidad de los territorios y los problemas de los diversos usuarios locales del agua.

I. ÁRBOLES DE PROBLEMA

Desarrollados por el Centro de Cambio Global UC (2019), considerando el proceso de construcción colectiva con actores locales, sobre una base técnica (ANEXO 1).

2 Conocer el ciclo hídrico de la cuenca. Determinar cómo se mueve físicamente el agua en los diversos territorios, de cordillera a mar, y en los diferentes periodos del año; cuál es su relación con los ecosistemas naturales y cuál es la Brecha Hídrica en las cuencas, o sea, cuánta agua nos falta para lograr la Seguridad Hídrica.

II. HERRAMIENTA ESTRATÉGICA PARA LA SELECCIÓN DE MEDIDAS, ACCIONES Y SOLUCIONES HÍDRICAS (HESMASH)

Es una herramienta innovadora, construida en el marco de la iniciativa EH2030, diseñada para mejorar la toma de decisiones. Las preguntas que se requería responder a través de ella fueron: ¿Cuál es el conjunto de soluciones más costo eficientes para abordar los problemas? ¿Cuánta agua me aportan las soluciones? ¿Cuál es la inversión referencial? ¿Cuáles son los posibles impactos ambientales y sociales de su implementación?

Esta herramienta se transforma en la base para la elaboración de la Hoja de Ruta y las Curvas de Abatimiento que se presentan en este documento, y que se encuentra actualmente disponible para ser aplicada en otras cuencas y territorios del país (ANEXO 2).

III. WETSPASS

Estudios realizados por Nascimento y Barreiras (2021). Metodología usada en Europa para determinar las zonas actuales y las que se han perdido en los últimos 20 años para la

recarga natural de acuíferos, su potencial uso sustentable (extracciones) determinado a través de la recarga, así como los lugares donde la recarga puede tener un riesgo de contaminación (Índice de Susceptibilidad). Se trata de la herramienta base para determinar el uso de aguas subterráneas en la modelación hidrológica, identificación de zonas para la conservación, reparación y Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) (ANEXO 5).

IV. CAMBIOS DE USO DE SUELO

Estudio realizado por Pliscoff (2020). Este análisis permitió determinar los cambios de uso de suelo en los últimos 20 años en las cuencas del río Maipo y Maule. Además, fue insumo para la aplicación del WetSpas y la modelación hidrológica, facilitando identificar zonas para la conservación, reparación y Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) (ANEXO 4).

V. IDENTIFICACIÓN DE ECOSISTEMAS FUNDAMENTALES

Estudio realizado por Pliscoff (2020). Sus resultados permitieron reconocer los ecosistemas prioritarios para la conservación del ciclo hidrológico en las cuencas, donde se encuentran el bosque esclerófilo, los bosques de cabecera de cuencas, los bosques costeros y la vegetación de riberas en ríos y esteros.

Los ecosistemas prioritarios para la conservación y reparación tienen relación con su valor esencial en la regulación del sistema hídrico, principalmente por su aporte en cantidad de agua, su capacidad para la recarga de acuíferos, sus funciones estructurales en los procesos de las cuencas y su capacidad de generar resiliencia al cambio climático en los territorios. Este estudio fue insumo para la aplicación del WetSpas y modelación hidrológica, permitiendo identificar zonas para la conservación, reparación y Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) (ANEXO 4).

VI. ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA (ISH)

Metodología innovadora desarrollada por

el Centro de Ecología Aplicada (2022), en conjunto con EH2030 y su equipo técnico de aguas de Fundación Chile. Tiene como base la modelación hidrológica, usando HydroBID

y WaterAlloc, cuyo principal objetivo es identificar la Brecha Hídrica en los territorios, o sea, conocer la dimensión del problema en cantidad de agua y su temporalidad,

DINÁMICA DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA
Biorritmo de la cuenca



Índice de Seguridad Hídrica: corresponde a un valor numérico que busca aproximar e identificar cuánta es el agua requerida en tiempo y espacio territorial de una cuenca hidrográfica, necesaria para asegurar el agua para los diversos usos, incluyendo el ecológico y ambiental.



para determinar la ruta a seguir. Para la construcción de este Índice de Seguridad Hídrica (ISH), fue necesario integrar en las modelaciones las aguas superficiales con las subterráneas, el caudal ambiental y el caudal ecológico de las cuencas hidrográficas estudiadas¹, incluyendo dentro de los criterios el agua que deben transportar los ríos hacia el mar (estuarios), dado que sostienen servicios ambientales fundamentales, como las zonas de reproducción de especies marinas, que son la base para la pesquería y sustento de muchas familias en Chile. Esta innovación permite identificar la Brecha Hídrica en tiempo y espacio en las cuencas, determinando cómo el conjunto de soluciones va aportando para alcanzar la Seguridad Hídrica en los territorios (ANEXO 3).

La FIGURA 1 muestra la dinámica que permite interpretar los resultados del ISH.

3 Conexión de las soluciones con los problemas del territorio

VII. POTENCIALIDADES DEL TERRITORIO

Con la información recopilada a través de los diferentes estudios mencionados, es posible identificar las potencialidades del territorio para la implementación de soluciones.

4 Productos para la toma de decisiones

VIII. CURVA DE ABATIMIENTO

Es una gráfica con información referencial que permite determinar el conjunto de soluciones requeridas para abordar los problemas en los territorios, mostrando el

1. Tanto el caudal ecológico como el caudal ambiental, no necesariamente es único para toda la cuenca ni para todas las épocas del año, sino que puede variar en los distintos tramos del río y sus afluentes, además de variar según mes o estación del año (CEA, 2022).

impacto que genera cada una de ellas en m³ de agua y sus costos unitarios, facilitando así la toma de decisiones. La base para la construcción de una Curva de Abatimiento se encuentra en la HESMASH (ANEXO 2).

IX. HOJA DE RUTA

Es un conjunto de metas a conseguir en un tiempo y territorio determinado, para abordar la Brecha y Riesgo Hídrico. Estas metas son logradas a través de acciones y/o soluciones hídricas acordes a las necesidades locales.

5 Valoración de los Servicios Ecosistémicos en las cuencas.

Este estudio fue realizado por Wicha et. al., 2022 (ver ANEXO 7), con el propósito de valorar los servicios ecosistémicos que son provistos por el agua en la cuenca.

X. EL VALOR DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL AGUA

Parte de determinar los valores intrínsecos de los recursos naturales que benefician directa o indirectamente a las personas. Calcular o aproximar estos valores permitirá estimar la capacidad de los ecosistemas de mantener su integridad; es decir, de seguir conservando un flujo de beneficios continuo y de producir servicios que puedan ser disfrutados por la población. Para realizar esta valoración, se consideraron los siguientes servicios ecosistémicos:

- **Servicios de aprovisionamiento:** Son todos los servicios tangibles que se obtienen de los ecosistemas, como por ejemplo: agua potable, agua para la agricultura, minería, industria, otros.
- **Servicios de regulación:** Son los beneficios indirectos e intangibles que

se obtienen de los procesos ecológicos, tales como la regulación del clima y del ciclo del agua, el control de la erosión, la polinización, entre otros.

- **Servicios culturales:** Engloban el conjunto de servicios intangibles que se obtienen de los ecosistemas, como la belleza paisajística provistos por los paisajes.

6 El territorio como base del conocimiento.

XI. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN COLECTIVA Y MULTISECTORIAL

Este trabajo ha sido desarrollado con los territorios, permitiendo contrastar los resultados con las sensibilidades de los habitantes locales, dando coherencia a la base técnica elaborada y los problemas locales (ANEXO 6).



Foto: Claudia Calleguillos / Ecosistema Armentito Canal Maule

Dentro de los ecosistemas relevantes para la conservación del ciclo hidrológico en las cuencas, se encuentran el bosque esclerófilo, los bosques de cabecera de cuencas, los bosques costeros y la vegetación de riberas en ríos y esteros.

(Pliscoff, 2020; estudio realizado para EH2030).

2

Cuenca del río Maipo

DIAGNÓSTICO / RADIOGRAFÍA

RESULTADOS MAIPO

- Brecha Hídrica
- Curva de Abatimiento
- Estudio complementario

Ruta del Agua:
Regenerando el curso del río Maipo

Foto: Diego Luma / Embalse El Yeso

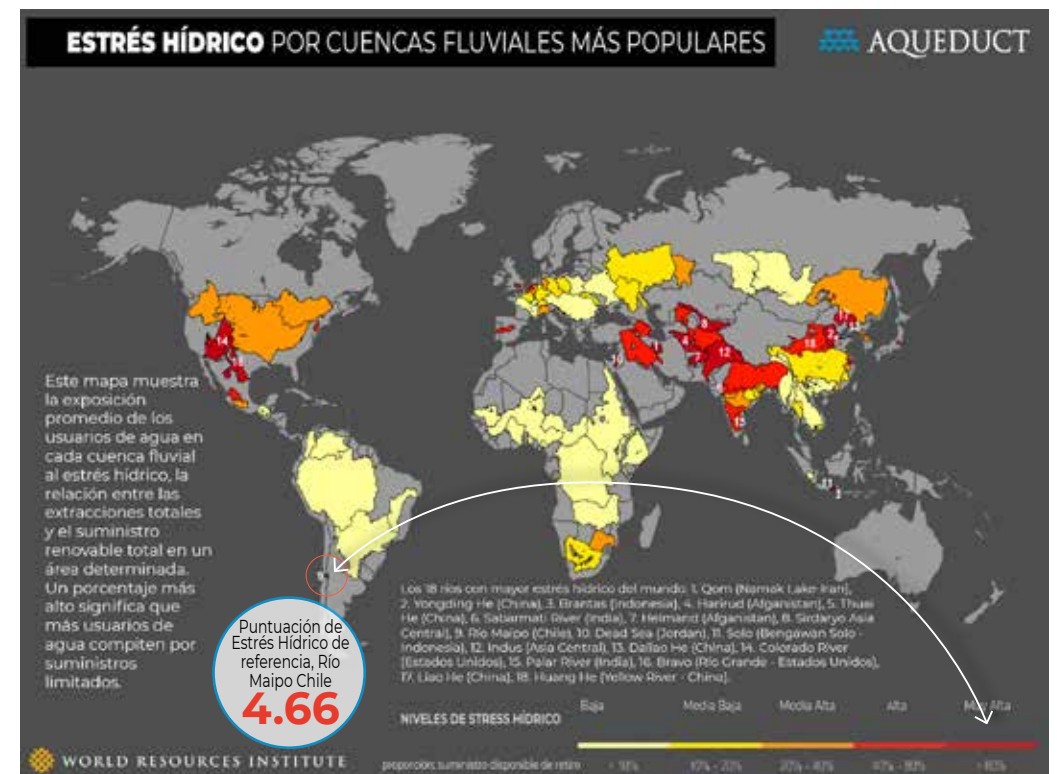
DIAGNÓSTICO: EL MAIPO BAJO PRESIÓN MÁXIMA

Aunque los habitantes de la Región Metropolitana probablemente tengan poca conciencia de ello, su abastecimiento de

agua potable depende de la disponibilidad de agua superficial y subterránea.

Con una longitud aproximada de 250 km y desembocadura en el municipio de San Antonio, el río Maipo nace en las laderas del volcán del mismo nombre, que luego recibe

FIGURA 3. MAPA RÍOS CON MAYOR ESTRÉS HÍDRICO EN EL MUNDO (WRI, 2014).



Fuente: <https://www.wri.org/insights/worlds-18-most-water-stressed-rivers>

los aportes de los ríos Volcán y Yeso en las cercanías de San Gabriel y del río Colorado en las zonas aledañas a la localidad de San José de Maipo. De la unión de los ríos San Francisco y Molina se forma el río Mapocho, que atraviesa la ciudad de Santiago y se une al Maipo en su recorrido medio. Los principales tributarios del río Maipo son los ríos Volcán, Yeso Colorado, Mapocho y Clarillo, además de los esteros Angostura y Puangue. Respecto a los cuerpos de agua, destacan las lagunas Aculeo, Batuco, Carén y Negra (INH, 2016).

La mala noticia es que el río Maipo ocupa el **noveno lugar** entre los 18 ríos con mayor estrés hídrico del mundo, siendo el único en Sudamérica en integrar ese ranking (WRI, 2014). Ver Figura 3.

Cerca del 40% de la población del país habita la cuenca de este río bajo estrés máximo. Asimismo, se trata de una zona que en los últimos años ha sentido los efectos del Cambio Climático, con altas temperatura

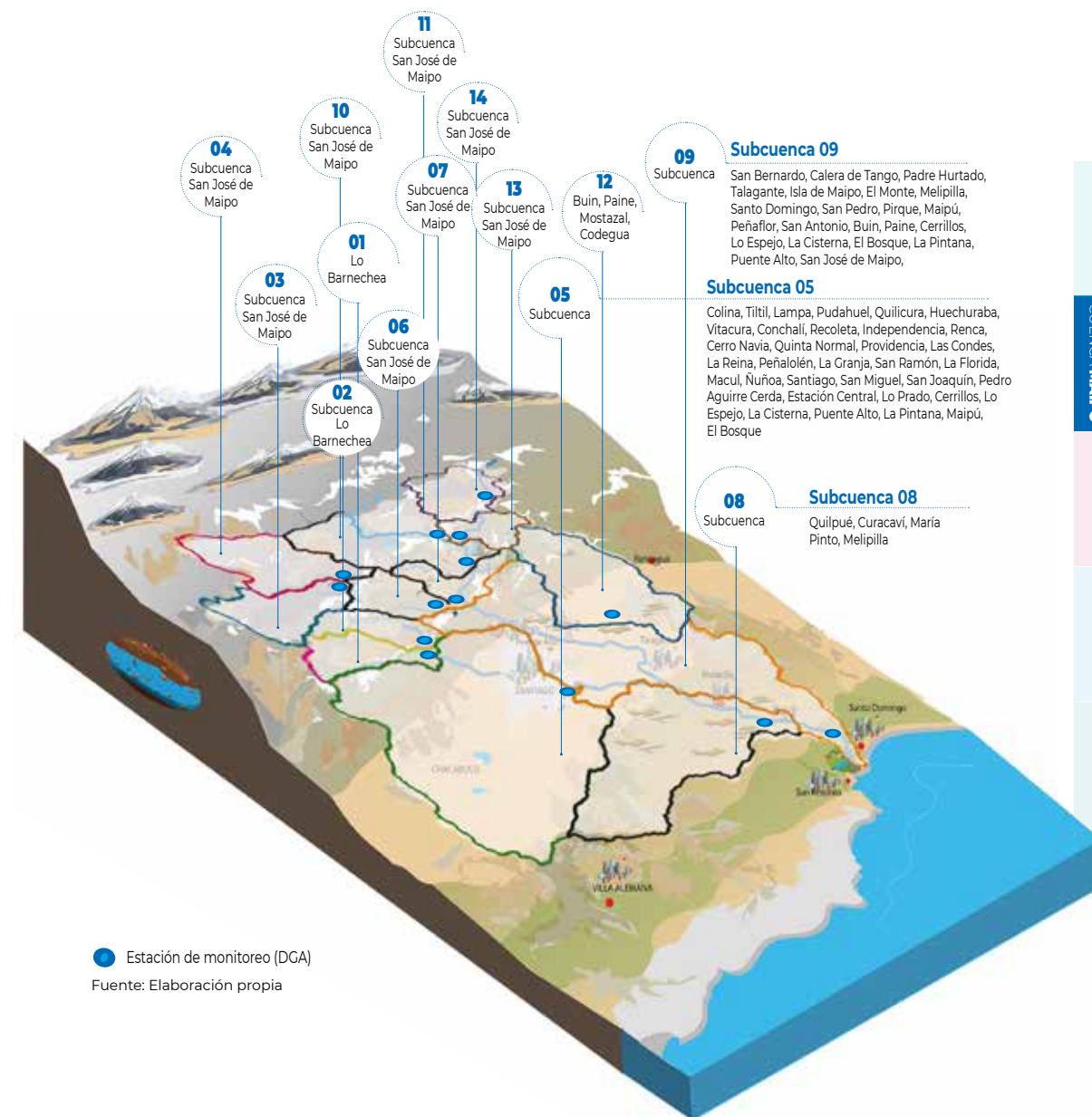
La cuenca del Maipo concentra cerca del 40% de la población del país.

durante el verano, precipitaciones escasas y altamente concentradas en un corto periodo de tiempo, así como la elevación de la isoterma cero, incrementando el riesgo de aluviones, inundaciones y periodos de sequía extrema (EH2030, 2019). Todos estos factores ponen presión al recurso hídrico y en peligro las actividades productivas y a la población en general, aumentando la vulnerabilidad actual y futura de la cuenca.

Para determinar la Brecha Hídrica existente en los territorios de la cuenca, se realizó una modelación hidrológica utilizando HydroBID. Con ese objetivo, se identificaron 14 subcuencas vinculadas a las estaciones fluviométricas activas de la Dirección General de Aguas (DGA), las que se encuentran consolidadas en la base de datos del Centro del Clima y la Resiliencia (CR2, s.f.), de modo de mantener un monitoreo periódico en cada territorio específico y representativo en la cuenca (ver ANEXO 3).

Es importante señalar que cada una de las estaciones fluviométricas es representativa de un "área aportante" que se ubica en la subcuenca aguas arriba. A continuación, se muestran las "áreas aportantes o subcuencas" y las comunas presentes en ellas (Figura 4).

FIGURA 4. MAPA DE LAS 14 SUBCUENCAS, COMUNAS Y ESTACIONES DE MONITOREO DE LA CUENCA DEL RÍO MAIPO.



Hacia un desbalance en la cuenca del río Maipo

La cuenca del río Maipo posee diversas actividades usuarias de agua, las que se distribuyen desde la cordillera hasta el mar. La Tabla 1 muestra la oferta superficial y subterránea en cada subcuenca, así como la demanda de 7 sectores usuarios de agua, incluido el medio ambiente. En este último sector, destaca la subcuenca 9, con un déficit de -36,2 m³/s, carencia que afecta principalmente al caudal ecológico requerido para mantener los servicios ecosistémicos del estuario (desembocadura del río en el mar), pudiendo generar perturbaciones como la intrusión salina en áreas de alta fragilidad para la reproducción de aves, captación de agua

para potabilización y pesquerías comerciales.

Otra subcuenca que destaca en el análisis de los datos es la subcuenca 12 que muestra un déficit de -5,56 m³/s, donde se observa que el uso y requerimiento de agua del sector agrícola es insuficiente alcanzando 12,03m³/s de agua, mientras la disponibilidad de oferta es 8,94 m³/s. Es recomendable monitorear la posible influencia que podría tener la subcuenca 12, sobre la disponibilidad de agua en la subcuenca 9.

Cabe resaltar que este análisis corresponde a los datos referenciales de cada subcuenca por separado, sin considerar las dinámicas hidrológicas; por lo tanto, no equivale a la Brecha Hídrica, que es establecida a través del Índice de Seguridad Hídrica analizado más adelante.

TABLA 1. OFERTA Y DEMANDA POR SUBCUENCA EN LA CUENCA DEL RIO MAIPO.

Cuenca del Maipo	Oferta (m ³ /s)		Demandas (m ³ /s)						
	Superficial	Subterránea	Sector Pecuario	Sector Agrícola	Sector Doméstico	Sector Energía	Sector Minería	Sector Industrial	Caudal ecológico (m ³ /s)
Subcuenca 1	0,77	0,51	0	0,01	0,16	0	0,36	0	1
Subcuenca 2	0,49	0,28	0	0,01	0,07	0	0,17	0	0,81
Subcuenca 3	0,79	0,21	0	0,08	0,29	0	0	0	1
Subcuenca 4	3,01	0,2	0	0,11	0,42	0	0	0	1
Subcuenca 5	2,79	3,86	0	6,44	0,7	0,04	0,56	0,06	2,9
Subcuenca 6	6,01	0,75	0	0,24	0,89	0	0	0	7
Subcuenca 7	35,54	2,56	0	0,69	2,6	0	0	0	7
Subcuenca 8	4,86	2,49	0,01	8,77	0,37	0	0	0	1,7
Subcuenca 9	53,94	15,44	0,05	51,1	14,53	0,04	0,56	0,1	39,2
Subcuenca 10	27,55	1,41	0	0,41	1,53	0	0	0	1
Subcuenca 11	2,09	0,21	0	0,07	0,28	0	0	0	1
Subcuenca 12	6,59	2,35	0	12,03	0,17	0	0	0	2,3
Subcuenca 13	17,9	0,69	0	0,21	0,8	0	0	0	1
Subcuenca 14	14,81	0,41	0	0,16	0,6	0	0	0	1

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022.

Ecosistemas terrestres: La ciudad se extiende y el bosque nativo se reduce

El estudio "Análisis del estado actual de los ecosistemas terrestres asociados a la cuenca del Maipo", realizado por el académico Patricio Pliscoff (2020) para Escenarios Hídricos 2030 (ANEXO 4), tuvo por objetivo cuantificar el cambio de uso de suelo en un periodo de 20 años (1995-2016), así como identificar zonas prioritarias de acuerdo con su grado de pérdida en el periodo de estudio. También registró la presencia de elementos relevantes de biodiversidad que aportan al ciclo hidrológico en los territorios.

En la cuenca del río Maipo se identifican ocho ecosistemas, los que son definidos a partir de la vegetación dominante (Luebert & Pliscoff, 2017):

- Bosque Espinoso Costero.
- Bosque Espinoso Interior.
- Bosque Esclerófilo.
- Bosque Esclerófilo Andino.
- Bosque Caducifolio.
- Matorral Esclerófilo.
- Matorral.
- Herbazal Andino.

Los **bosques esclerófilos** corresponden a la vegetación dominante en la cuenca del río Maipo, distribuyéndose tanto en la cordillera de la costa como en la precordillera andina. Se caracteriza por la presencia de un conjunto de especies arbóreas nativas y endémicas de Chile, como el Quillay (*Quillaja saponaria*), Peumo (*Cryptocarya alba*), Litre (*Lithraea caustica*), entre otras.



Foto: Diego Luna/Vegas El Yeso

Son ecosistemas que han perdido una mayor superficie en los últimos años y poseen una categoría de amenaza alta a nivel nacional. Estos se ubican principalmente en la comuna de Melipilla.

El **bosque caducifolio y esclerófilo andino** han tenido un proceso de pérdida histórica superior al 50%. Los bosques nativos ubicados en la cabecera de la cuenca han sufrido un deterioro en su estructura, perdiendo más de 2.500 hectáreas de bosque esclerófilo de la precordillera andina, en zonas con pendientes sobre el 30%, principalmente en las comunas y zonas precordilleranas (andinas) de Santiago, Lo Barnechea y San José de Maipo.

Los ecosistemas prioritarios para la conservación y reparación del ciclo hídrico son los bosques esclerófilos y andinos (cabecera de cuenca), los bosques espinosos costeros y la vegetación ripariana.

Los **bosques espinoso interior y costero** tienen casi un 80% de pérdida histórica. En los últimos 20 años, el retroceso del bosque espinoso costero es cercano al 20%, debido principalmente a la expansión forestal de Eucaliptos. En el caso del bosque espinoso interior, su pérdida de 17% es atribuida a la expansión urbana.

Las comunas que presentan mayores cambios en expansión forestal en los últimos 20 años son San Pedro (11,4%) y San Antonio (5,4%). Por su parte, las comunas que han tenido mayores modificaciones en expansión urbana en los últimos 20 años son: Calera de Tango (30,3%) y Cerrillos (23,8%) en el sector sur; Renca (19,2%), Quilicura (18%) y Huechuraba (17,7%) en el sector norte. La mayoría de la

expansión urbana es sobre suelo agrícola, las excepciones se pueden identificar en comunas del sector oriente de Santiago: Peñalolén (14,1%) y Puente Alto (19,5%), las que se han expandido hacia zonas precordilleranas, sobre los ecosistemas de bosque espinoso interior y bosque esclerófilo andino.

A pesar de que en el caso del uso de suelo agrícola, el mayor efecto es el cambio hacia uso de suelos urbanos, es relevante la disminución de **vegetación ripariana** en sectores medios rurales de la cuenca debido a la expansión agrícola, afectando más de 2.000 hectáreas de matorral esclerófilo en la cuenca. Las comunas que presentan mayores cambios en expansión agrícola en los últimos 20 años son: María Pinto (10,3%), San Pedro (10,5%) y Melipilla (5,3%).

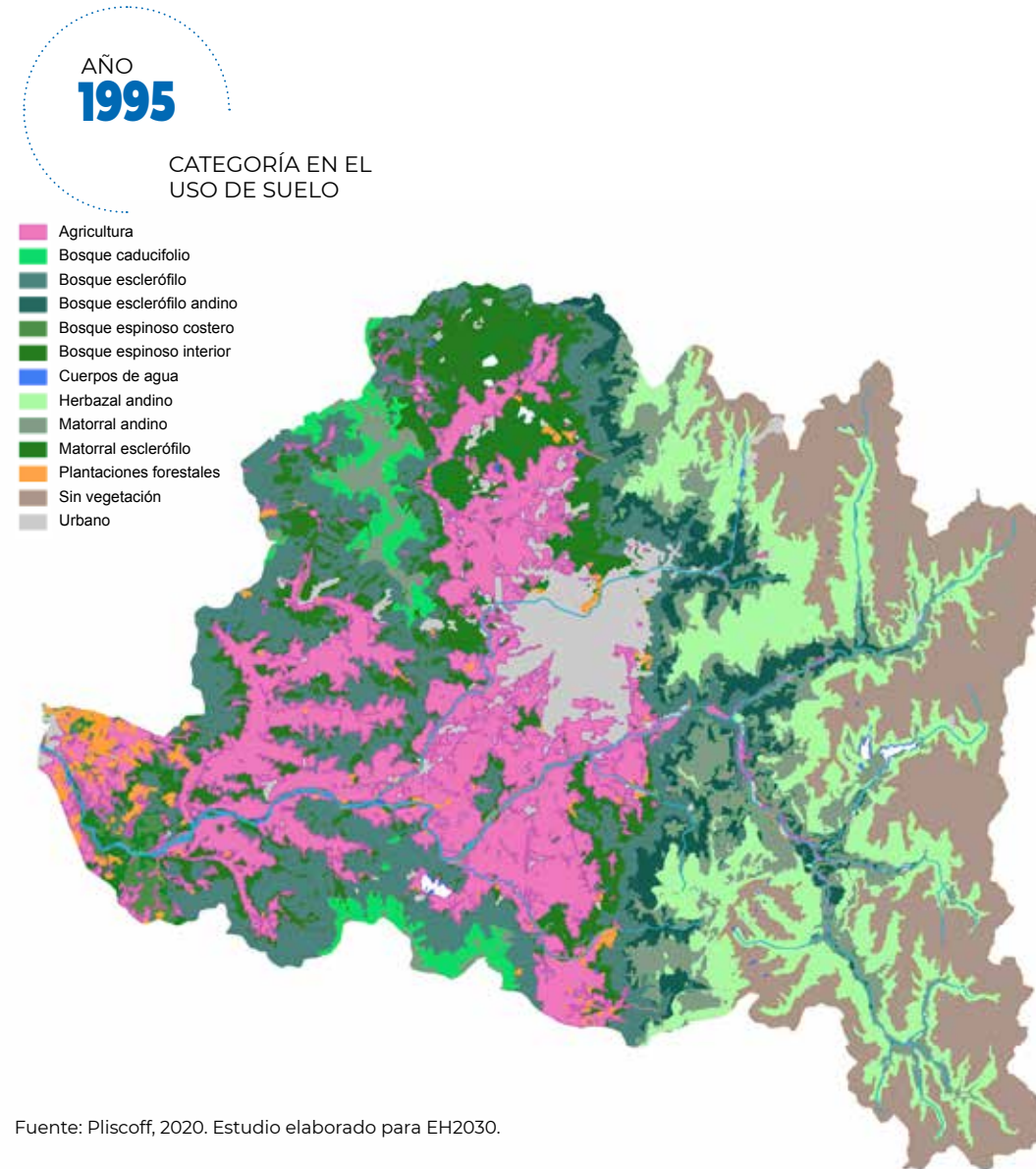


Foto: Big Chile, Proyecto Ríos

En los últimos 20 años, el uso de suelo urbano se ha expandido en un 16%, principalmente a zonas agrícolas.

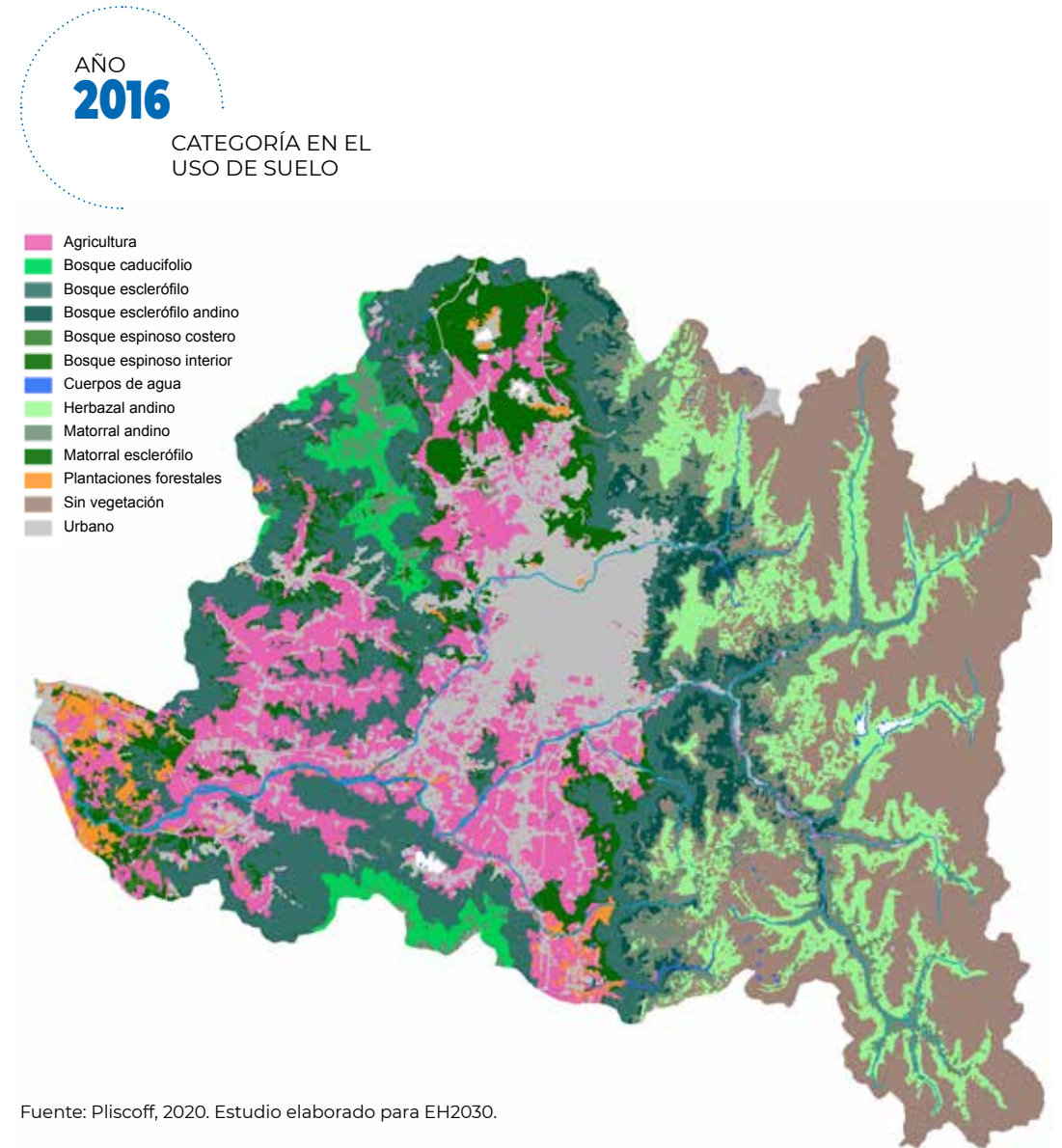
Los resultados del cambio de uso del suelo por ecosistema para los dos periodos analizados (1995 al 2016), son presentados en las Figura 5 y Figura 6 respectivamente.

FIGURA 5. USOS DE SUELO 1995 / 2016 EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO.

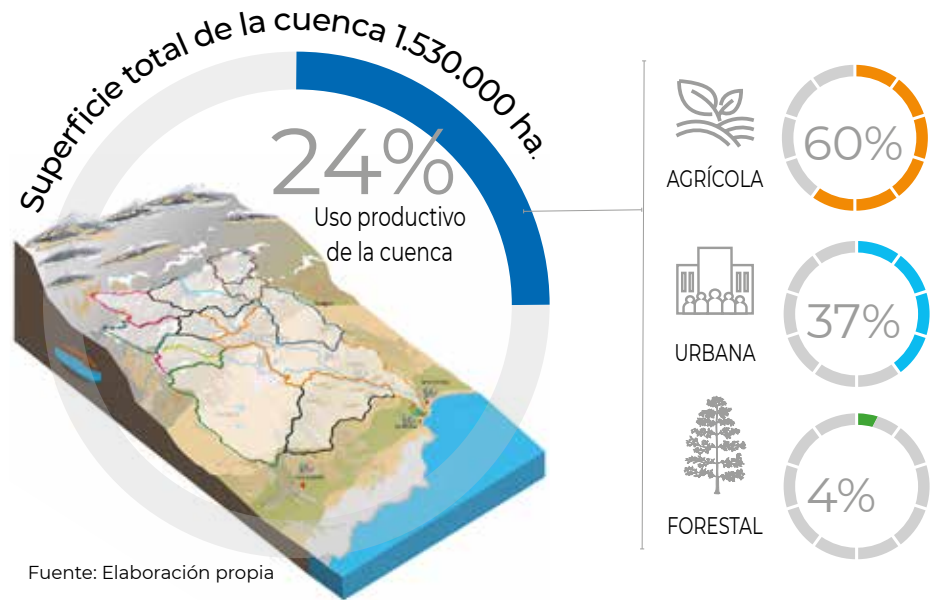


Fuente: Pliscoff, 2020. Estudio elaborado para EH2030.

FIGURA 6. USOS DE SUELO 2016 EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO.



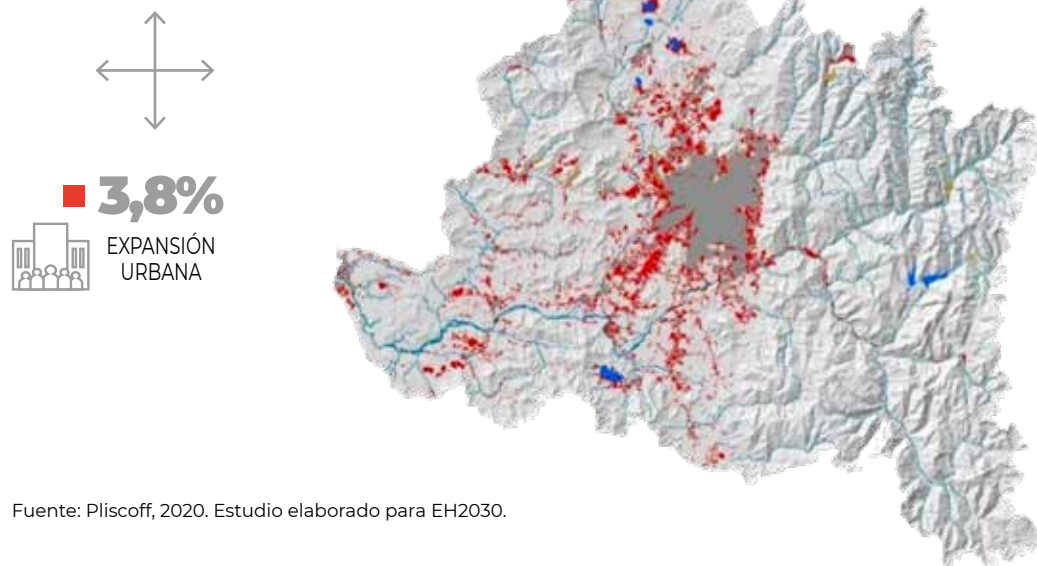
Fuente: Pliscoff, 2020. Estudio elaborado para EH2030.



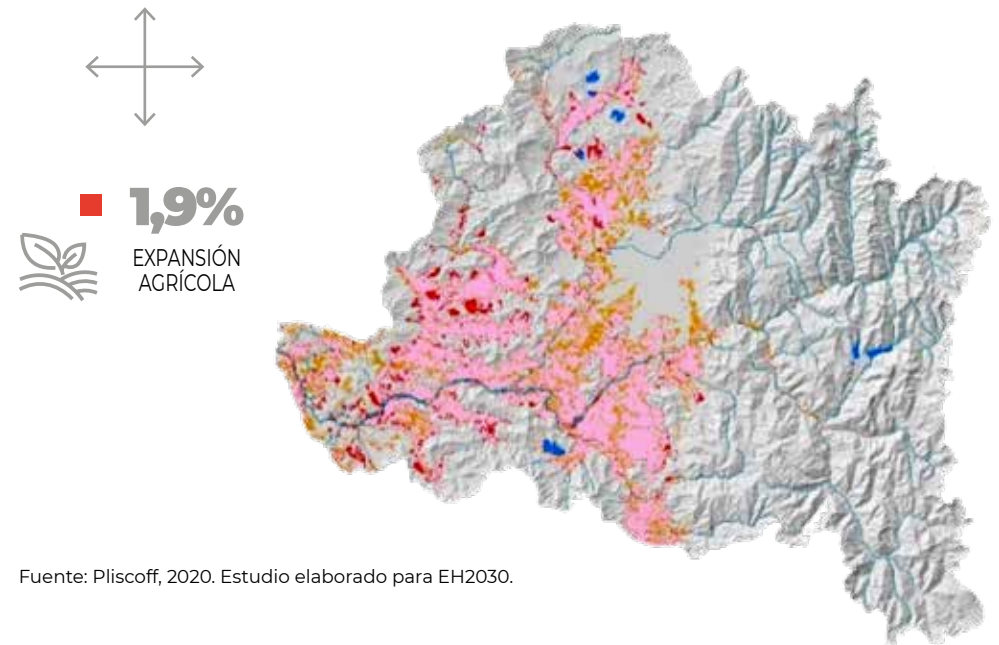
Fuente: Elaboración propia

En los últimos 20 años, la superficie total de la cuenca muestra un cambio en el uso de suelo del 6,2%, que se distribuye en 3,8% expansión urbana; 1,9% agrícola y 0,5% forestal.

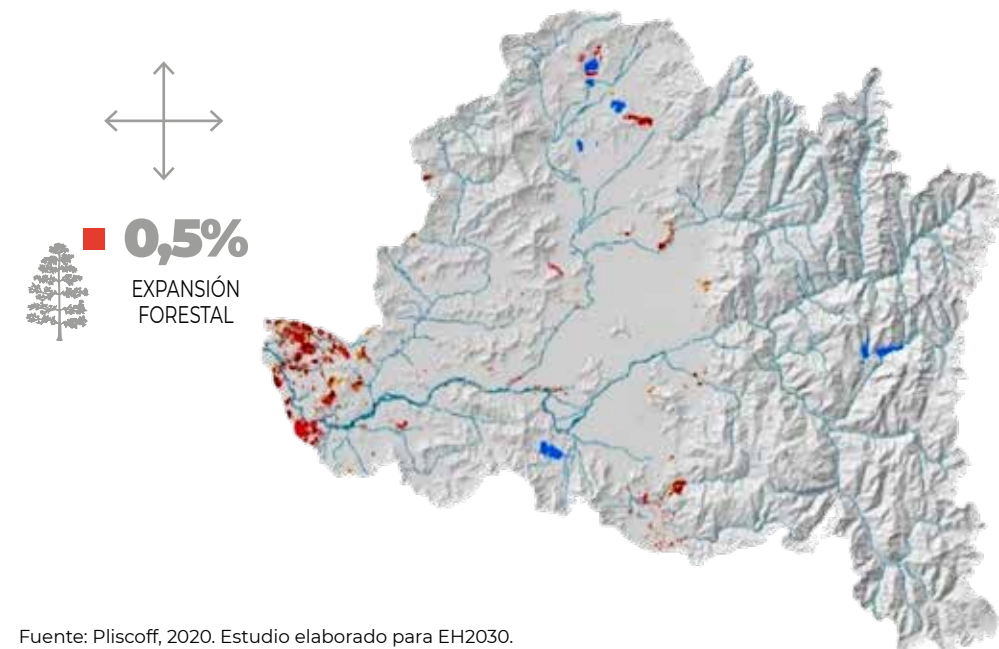
FIGURA 7. CAMBIOS USO DE SUELO EN MAIPO.



Fuente: Pliscoff, 2020. Estudio elaborado para EH2030.



Fuente: Pliscoff, 2020. Estudio elaborado para EH2030.

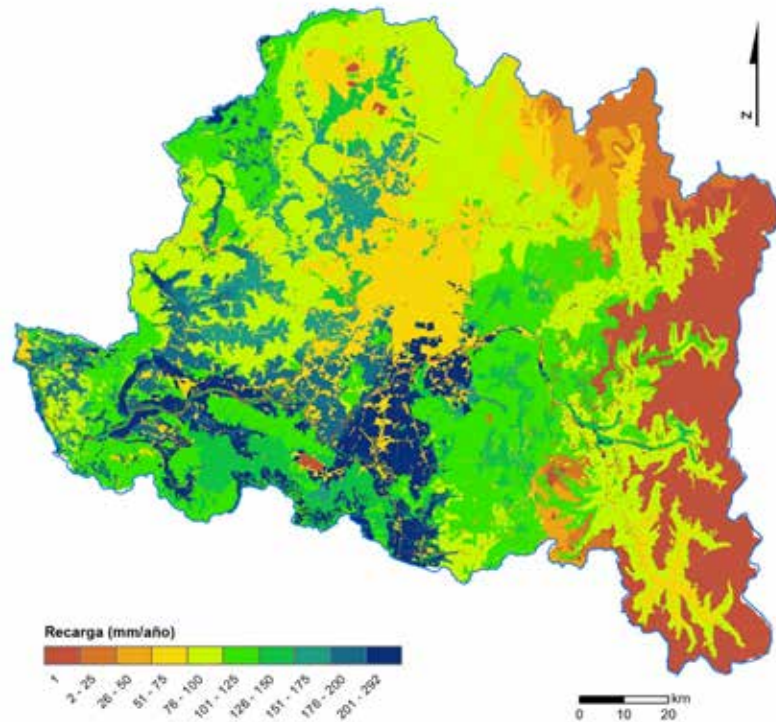


Fuente: Pliscoff, 2020. Estudio elaborado para EH2030.

Acuíferos en estado de sobreexplotación

La aplicación del modelo WetSpass, realizado por Nascimento y Barreira (2020), busca obtener un mapa de la distribución espacial de la recarga de acuíferos y determinar el volumen de recarga anual en los territorios. Asimismo, considera los riesgos de contaminación en la recarga de los acuíferos, aplicando un Índice de Susceptibilidad (IS).

FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE LA RECARGA PROMEDIO ANUAL EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO.



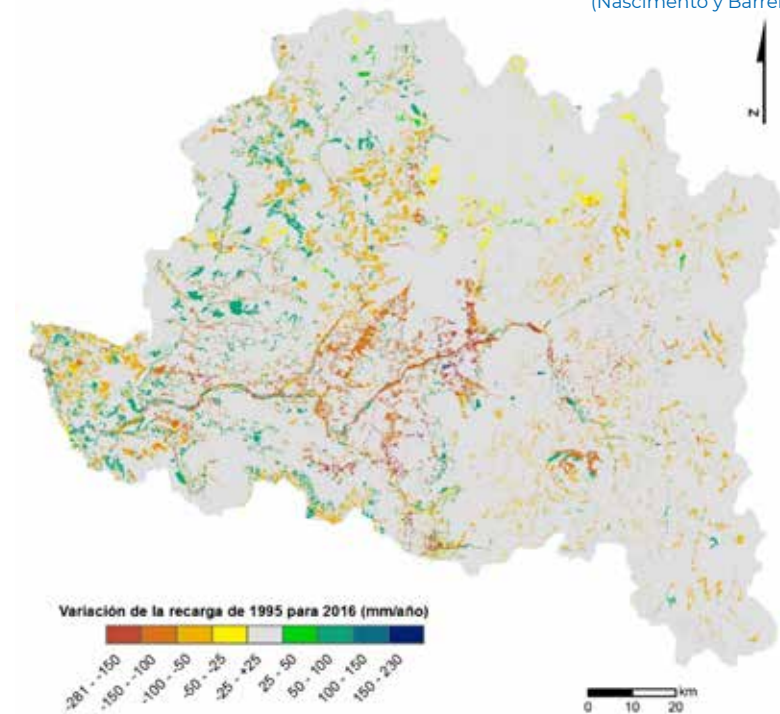
Fuente: Nascimento y Barreiras, 2021. Estudio elaborado para EH2030.

La recarga de acuíferos promedio en la cuenca del río Maipo es cercana a 45 m³/s para el año 2016.

Las áreas preferenciales de recarga con mayor aporte de agua se ubican principalmente en el sur de la parte media-baja de la cuenca, como muestra la Figura 8 (colores azulados), ocupando el 25% de la superficie de la cuenca (3.781 km²) y contribuyendo con un 46% de la recarga total.

Las mayores pérdidas para la recarga de acuíferos en los últimos 20 años (1995 a 2016) se muestran en la zona sur de la cuenca, causadas principalmente por la conversión del uso de suelo agrícola a zonas urbanas, llegando a disminuir en 150 mm la recarga anual por la urbanización e impermeabilización de suelos (por pavimentación y construcción), con tasas de infiltración significativas.

FIGURA 9. PÉRDIDA DE ZONAS PARA RECARGA DE ACUÍFEROS ENTRE 1995 A 2016, CUENCA DEL RÍO MAIPO.



Fuente: Nascimento y Barreiras, 2021. Estudio elaborado para EH2030.

2. Los derechos subterráneos otorgados para toda la cuenca del río Maipo son de 85,96 m³/s (fuente: Dirección General de Aguas (DGA) en CAMELS-CL Explorer), frente a una recarga de 63,68 m³/s. Esto quiere decir que hay un 35% más derechos de agua subterráneos otorgados que la capacidad de recarga natural del acuífero. Este escenario de sobreexplotación repercute en la disponibilidad de agua subterránea en el presente y en el futuro, con un descenso evidente de los niveles piezométricos en la cuenca.

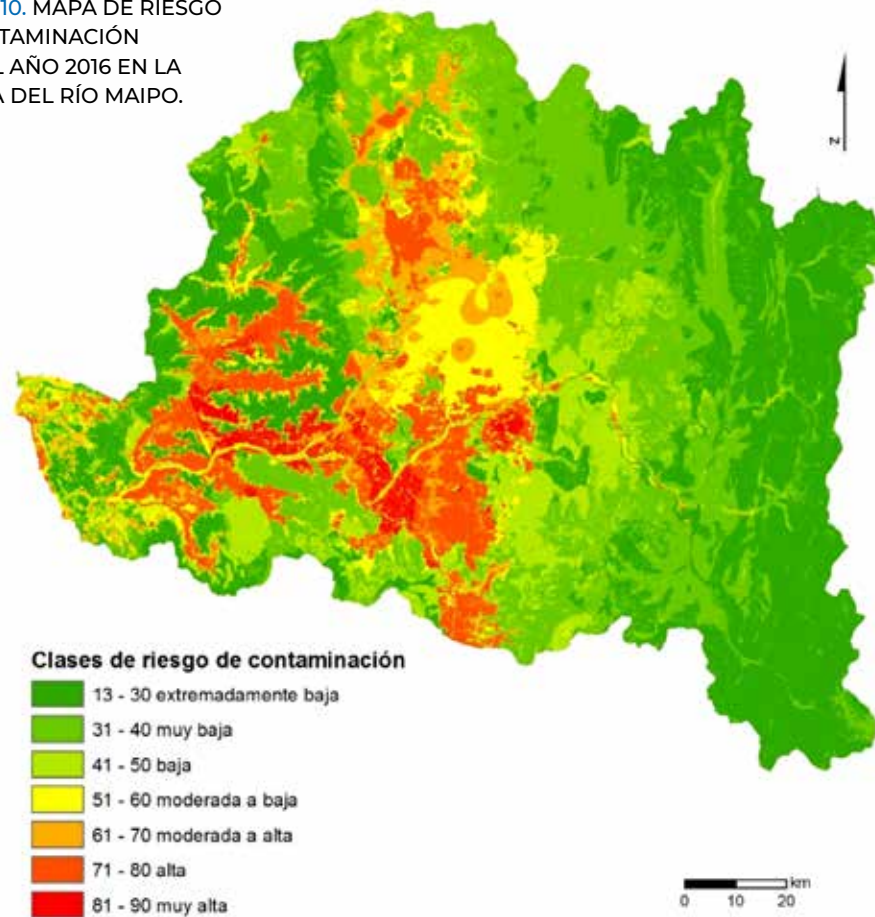
Existen 35% más derechos de agua subterráneos otorgados en la cuenca que la capacidad de recarga natural del acuífero. Este escenario de sobreexplotación repercute en la disponibilidad de agua subterránea en el presente y en el futuro.

(Nascimento y Barreira, 2020)²

Respecto a la aplicación del Índice de Susceptibilidad en la recarga de agua al acuífero que analiza el riesgo de contaminación en zonas de alta recarga, se observa una distribución muy variable en la cuenca, especialmente condicionada por la presencia de terrenos agrícolas poco inclinados, con una composición arenosa significativa (sur y suroeste de Santiago) y por el tejido urbano existente en la cuenca, tal como se muestra en la Figura 10, en colores rojos, naranjas y amarillos.

Entre 1995 y 2016, los cambios de uso de suelo en la cuenca redujeron la recarga de acuíferos en hasta $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$, en un área de 727 km^2 .

FIGURA 10. MAPA DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA EL AÑO 2016 EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO.



Fuente: Nascimento y Barreiras, 2021. Estudio elaborado para EH2030.

EL MAIPO FLUYE HACIA LA CRECIENTE ESCASEZ

Brecha Hídrica/ Índice de Seguridad Hídrica (ISH)

Para poder determinar las metas y el conjunto de soluciones requeridas para lograr la Seguridad Hídrica en la cuenca, se debe estimar la cantidad de agua que falta para satisfacer la demanda actual en el territorio (Brecha Hídrica).

Para ello, se construyó un Índice de Seguridad Hídrica (ISH), que corresponde a un valor numérico que busca aproximar e identificar cuánta agua se necesita para asegurar el suministro para los distintos usos (demandas), incluyendo el ecológico y ambiental, en un determinado tiempo y espacio territorial de una cuenca hidrográfica. Cuando el ISH tiene valores negativos, indica que la oferta o disponibilidad de agua es inferior a las demandas.

Dentro de las demandas, además de los usos productivos, se considera también el caudal ecológico en el río y, cuando aplica, un caudal mínimo asociado a la ecología del estuario. Mientras que, en la oferta, se consideran los caudales superficiales del río y aguas subterráneas, estas últimas estimadas a través del modelo WetSpass, estableciendo un uso sustentable correspondiente al 35% de la recarga total de los acuíferos por infiltración natural (Nascimento y Barreira, 2021).

Índice de Seguridad Hídrica histórico (1990-2018): la carencia se hace constante

La Brecha Hídrica histórica es calculada a partir del caudal con probabilidad de excedencia del 85% respecto a los caudales simulados para el periodo histórico 1990-2018 (varía según nodo de calibración).

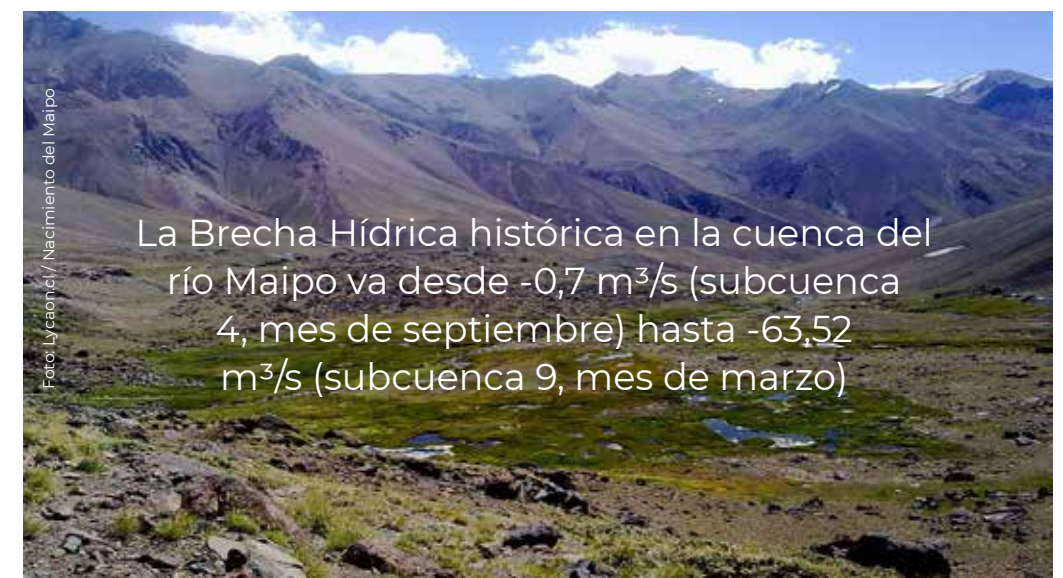


Foto: Lycacenci/ Nacimiento del Maipo

La Brecha Hídrica histórica en la cuenca del río Maipo va desde $-0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (subcuenca 4, mes de septiembre) hasta $-63,52 \text{ m}^3/\text{s}$ (subcuenca 9, mes de marzo)

Cabe destacar que la subcuenca 9 se ubica en la zona intermedia y desembocadura de la cuenca, que considera diferentes usos y demandas productivas, incluyendo el caudal ecológico y ambiental requerido por la zona estuarina para mantener este frágil y productivo ecosistema, controlando así la intrusión salina aguas arriba del estuario, donde el ecosistema está adaptado a condiciones de agua dulce.

Las Figura 11 y Figura 12, muestran la distribución territorial de la Brecha Hídrica histórica por diferentes períodos del año, considerando el ISH más crítico que se concentra en las subcuencas más cercanas a la costa. Es importante destacar que la subcuenca

9 es la que presenta mayor Brecha Hídrica en el mes de marzo, alertando que existe un desbalance hídrico entre la oferta de agua disponible y la demanda en la cuenca durante casi todo el año, considerando que es la zona que recibe todos los impactos generados en las subcuencas ubicadas aguas arriba.

Ambas figuras mencionadas no presentan grandes diferencias en los diferentes periodos del año, así como en los diferentes territorios, debido a que la cuenca presenta un régimen mixto (nivo-pluvial), que implica mantener su caudal relativamente constante a lo largo del año, debido al aporte estival de los deshielos y de precipitaciones en invierno.

TABLA 2. ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA HISTÓRICO (1990-2018) EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO.

■ Seguridad Hídrica. Agua disponible para ser almacenada. ■ Cubre necesidades de la subcuenca, pero está afectando a usuarios aguas abajo. ■ Cubre caudal ecológico pero afecta la demanda aguas arriba. ■ Efecto en el caudal ecológico.

Histórico	Índice de Seguridad Hídrica Final (m³/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Subcuenca 1	-0,12	0,08	-0,50	0,32	-0,13	-0,14	-0,56	-1,14	1,54	1,18	-0,08	-0,30
Subcuenca 2	-0,29	-0,29	-0,29	-0,04	-0,04	-0,04	-0,11	-0,11	-0,11	-0,28	-0,29	-0,29
Subcuenca 3	-1,95	-0,14	-0,28	-0,40	-0,35	-0,52	-0,40	-0,45	-0,32	0,21	1,39	0,02
Subcuenca 4	1,22	1,61	1,02	0,08	0,22	-0,41	-0,41	-0,31	-0,70	0,50	4,45	2,65
Subcuenca 5	7,43	12,33	4,57	2,87	2,97	3,08	2,51	2,13	10,01	4,67	3,63	4,45
Subcuenca 6	-3,03	-1,83	-4,16	-2,95	-2,03	-2,60	-1,91	-0,04	0,87	2,90	3,47	-2,94
Subcuenca 7	28,21	26,80	12,32	6,64	7,99	8,29	9,52	17,22	26,41	45,03	59,36	32,74
Subcuenca 8	-1,80	-2,63	-4,55	-1,12	-0,94	0,14	3,10	2,68	4,70	1,55	1,30	0,85
Subcuenca 9	-40,84	-24,92	-63,52	-38,30	-40,90	-46,03	-29,72	-17,46	16,38	-17,15	-6,43	-32,94
Subcuenca 10	25,65	23,53	13,03	7,40	7,87	8,07	9,27	13,03	19,24	35,83	48,76	29,72
Subcuenca 11	-0,53	-0,27	-0,27	-0,09	0,01	-0,37	0,01	-0,01	0,80	2,56	3,73	0,07
Subcuenca 12	-14,27	-15,52	-17,13	-4,33	-4,37	-4,62	3,10	4,93	6,97	-6,67	-8,43	-9,86
Subcuenca 13	14,26	13,50	8,04	4,38	4,43	3,71	3,13	3,62	4,95	14,35	29,04	16,85
Subcuenca 14	14,33	13,91	7,84	4,14	4,11	3,35	2,72	3,35	6,21	12,69	21,42	15,02
Brecha (m³/s)	-40,84	-24,92	-63,52	-38,30	-40,90	-46,03	-29,72	-17,46	-0,70	-17,15	-8,43	-32,94

FIGURA 11. BRECHA HÍDRICA HISTÓRICA EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE (1990-2018), CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.

✱ Estación de monitoreo

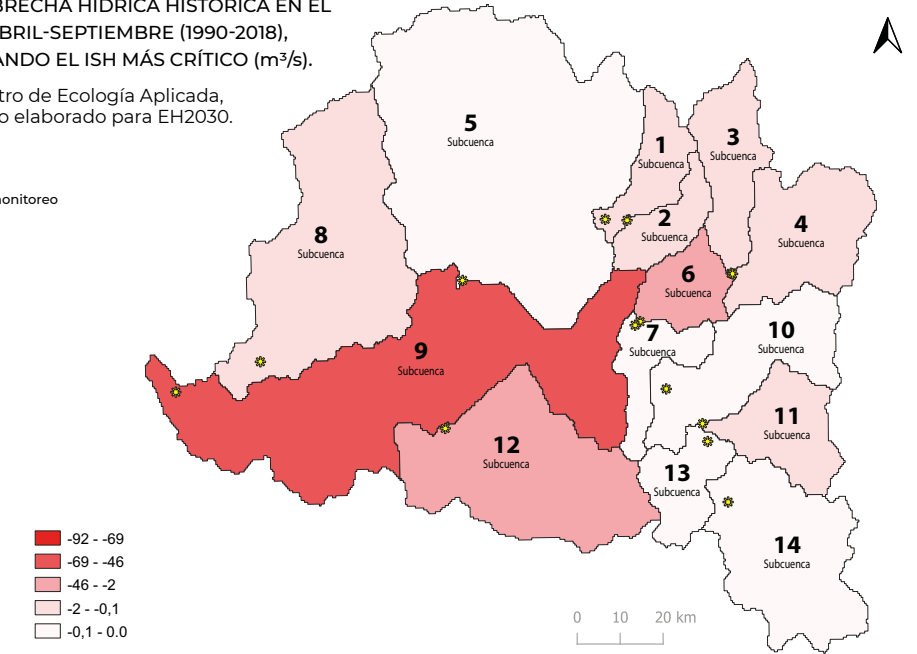
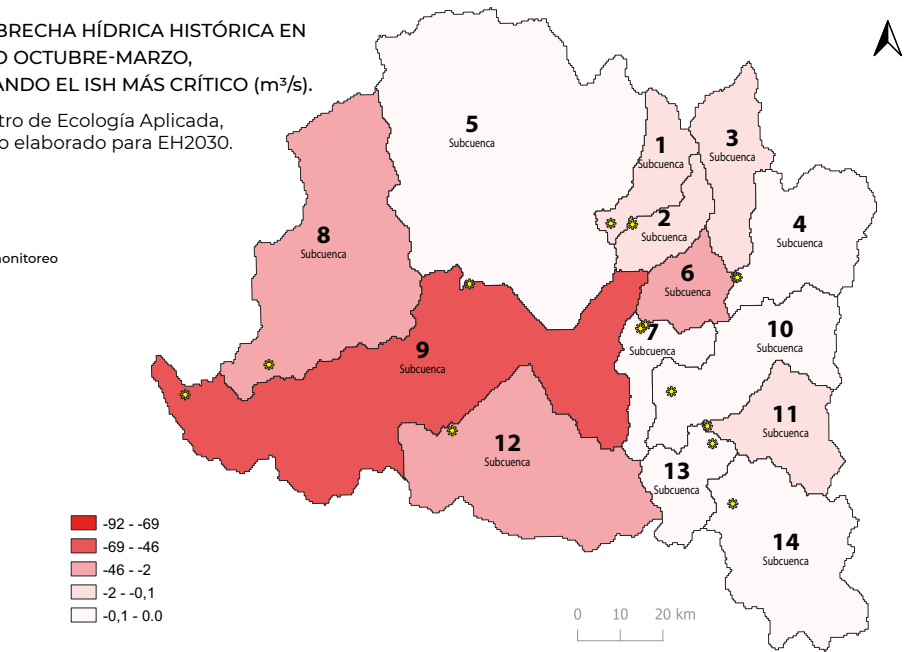


FIGURA 12. BRECHA HÍDRICA HISTÓRICA EN EL PERIODO OCTUBRE-MARZO, CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.

✱ Estación de monitoreo



Índice de Seguridad Hídrica (2020- 2035): tiempo de incertidumbre

Las figura 13 y figura 14 muestran la distribución territorial de la Brecha Hídrica proyectada de 2020 al 2035, considerando que el ISH más crítico se concentra en las subcuencas intermedias y cercanas a la costa.

En general, se observa que el ISH en este periodo 2020-2035 no tiene mayores cambios estacionales (a excepción de la subcuenca 6 que empeora en época estival), lo que mantiene a la parte media y baja de la cuenca del Maipo en una situación crítica durante todo

el año. Ahora bien, al comparar con el periodo histórico, la situación en la desembocadura (subcuenca 9) empeora en este periodo 2020-2035, afectando principalmente el caudal ambiental y ecológico. Por su parte, las subcuencas ubicadas en la zona cordillerana (10, 13 y 14), mantienen una disponibilidad de agua adecuada para la Seguridad Hídrica.

La Brecha Hídrica proyectada al 2035 en la cuenca del río Maipo va desde -25,12 m³/s (subcuenca 9, mes de septiembre), hasta -75,73 m³/s (Subcuenca 9, mes de marzo).

TABLA 3. ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA PROYECTADO AL 2035 EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO.

■ Seguridad Hídrica. Agua disponible para ser almacenada. ■ Cubre necesidades de la subcuenca, pero está afectando a usuarios aguas abajo. ■ Cubre caudal ecológico pero afecta la demanda aguas arriba. ■ Efecto en el caudal ecológico.

2020-2035	Índice de Seguridad Hídrica Final (m³/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Subcuenca 1	-1,10	-1,00	-0,91	-0,42	-0,50	-0,36	-0,32	0,45	0,73	-0,45	-0,99	-1,13
Subcuenca 2	-0,82	-0,79	-0,40	-0,29	-0,21	-0,23	0,05	0,86	-0,14	-1,71	-0,82	-0,75
Subcuenca 3	-1,16	0,69	0,34	-0,04	-0,27	-0,40	-0,35	-0,47	-0,64	-0,75	0,66	0,26
Subcuenca 4	7,39	7,39	5,37	2,81	1,60	0,59	0,40	0,10	-0,20	-0,14	0,40	3,18
Subcuenca 5	-13,95	-13,66	-13,93	-8,19	-8,93	-9,14	-7,86	-6,27	-5,23	-11,61	-12,58	-12,65
Subcuenca 6	1,95	2,89	1,30	-1,41	-1,25	-0,65	1,41	1,50	0,13	-2,80	-4,65	-2,89
Subcuenca 7	64,88	48,89	32,85	13,00	13,40	21,13	27,07	26,80	24,56	21,26	39,01	63,69
Subcuenca 8	-7,75	-8,14	-8,70	-4,22	-5,14	-4,52	-3,08	-1,92	-1,59	-5,00	-5,22	-5,35
Subcuenca 9	-47,93	-57,62	-75,73	-51,41	-60,24	-62,38	-40,68	-32,91	-25,12	-70,74	-58,17	-37,37
Subcuenca 10	59,42	43,08	29,33	12,98	12,98	18,96	20,69	18,86	18,37	19,29	38,69	61,52
Subcuenca 11	1,82	0,97	0,47	0,02	0,24	0,80	1,00	0,66	0,52	0,86	2,88	4,07
Subcuenca 12	-15,32	-16,32	-17,14	-4,95	-5,97	-4,27	3,14	5,84	6,18	-7,75	-9,63	-10,95
Subcuenca 13	47,26	34,41	23,97	10,72	8,94	11,05	9,13	6,31	5,44	7,43	22,57	44,59
Subcuenca 14	40,94	33,84	23,88	10,39	8,57	7,67	5,92	4,44	3,37	4,34	14,19	33,16
Brecha (m³/s)	-47,93	-57,62	-75,73	-51,41	-60,24	-62,38	-40,68	-32,91	-25,12	-70,74	-58,17	-37,37

FIGURA 13. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE, PROYECTADA AL AÑO 2020-2035 CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.

✳ Estación de monitoreo

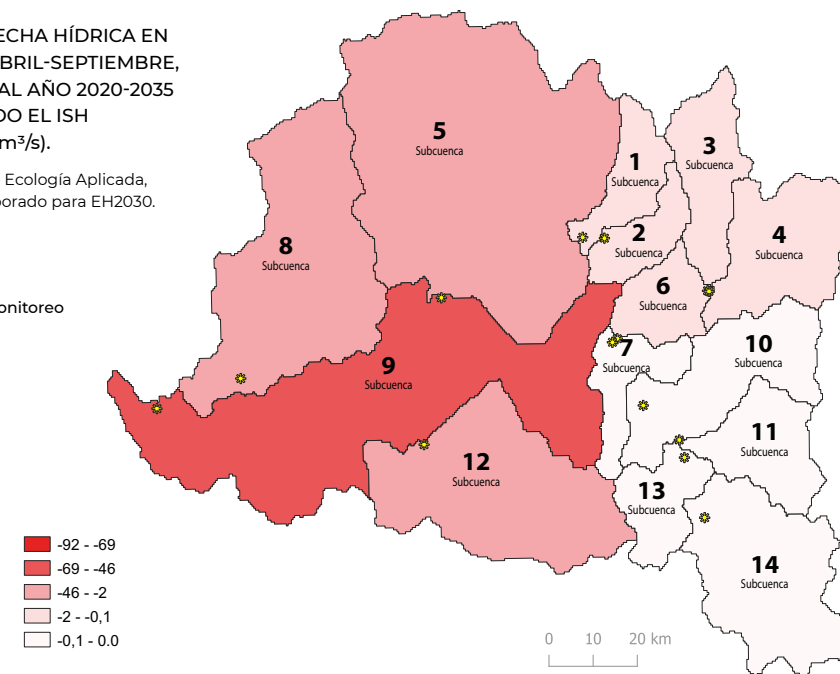
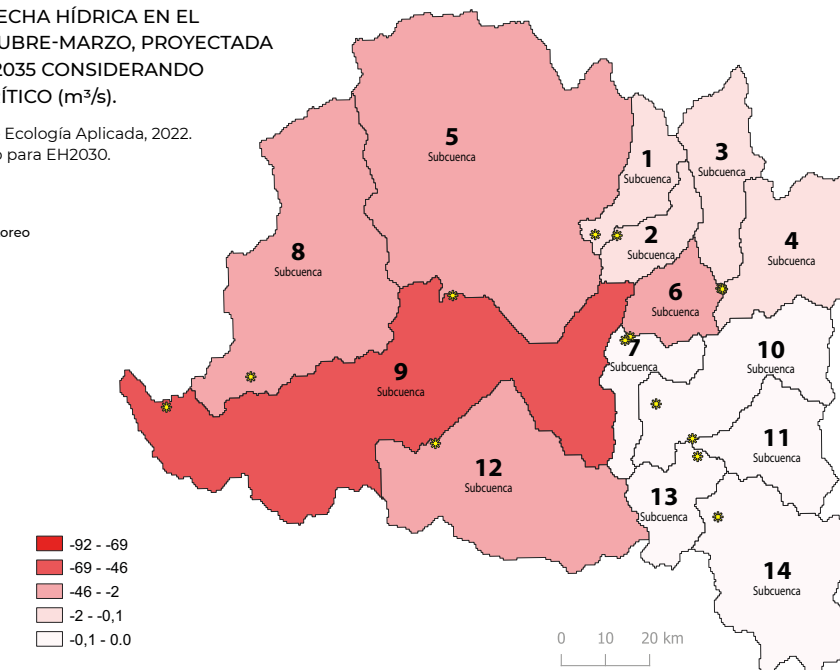


FIGURA 14. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO OCTUBRE-MARZO, PROYECTADA AL AÑO 2020-2035 CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.

✳ Estación de monitoreo



Índice de Seguridad Hídrica (2035 - 2050): la escasez se agudiza

Para proyectar el ISH del 2035 al 2050, el cálculo se hace a partir del caudal con probabilidad de excedencia del 85%, considerando los efectos del Cambio Climático en "Escenario 8.5"³ y suponiendo que la demanda potencial se mantiene sin modificaciones; es decir, se considera mantener la actual demanda sin crecimiento futuro.

Para poder realizar una estimación futura de la Brecha Hídrica se utilizaron escenarios de cambio climático que permitan proyectar las condiciones meteorológicas de precipitación y temperatura para el periodo 2020-2050. Para esto, se analizaron los resultados de

simulaciones de precipitación en las cuencas del Maipo desarrolladas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia utilizando el modelo CR2-RegCM4 (CR2, 2018).

Las figura 15 y figura 16, muestran la distribución territorial de la Brecha Hídrica proyectada de 2035 al 2050, considerando el ISH más crítico que continúa concentrándose en las subcuencas intermedias y cercanas a la costa, destacando las subcuencas 5, 8 y 9, con una Brecha Hídrica que no alcanza a cubrir los caudales ecológicos en la mayoría de los meses del año. Las subcuencas 1, 2 y 3 también poseen brechas durante casi todo el año, pudiendo cubrir el caudal ecológico gran parte del periodo, pero sin

La Brecha Hídrica proyectada al 2050 en la cuenca del río Maipo va desde -26,18 m³/s (subcuenca 9, mes de septiembre), hasta -92,10 m³/s (Subcuenca 9, mes de marzo).

TABLA 4. ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA PROYECTADO AL 2050 EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO.

2035-2050	Índice de Seguridad Hídrica Final (m³/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Subcuenca 1	-1,31	-1,20	-1,04	-0,47	-0,52	-0,50	-0,39	0,12	0,24	-0,82	-1,29	-1,41
Subcuenca 2	-0,90	-0,89	-0,47	-0,27	-0,20	-0,19	-0,04	0,58	-0,22	-1,63	-0,88	-0,82
Subcuenca 3	-1,77	-0,05	-0,18	-0,22	-0,32	-0,35	-0,28	-0,42	-0,58	-0,62	0,53	-0,10
Subcuenca 4	4,93	4,33	3,15	1,98	1,01	0,52	0,44	0,17	-0,06	0,11	0,24	3,28
Subcuenca 5	-14,62	-14,48	-15,12	-8,50	-9,12	-9,02	-7,20	-7,52	-5,72	-11,85	-12,88	-13,66
Subcuenca 6	-1,95	-1,18	-1,60	-1,41	-1,33	-0,47	1,21	0,94	0,25	-2,57	-5,05	-3,40
Subcuenca 7	39,39	26,22	17,88	13,28	14,37	23,67	29,11	26,56	25,14	21,79	41,46	54,27
Subcuenca 8	-7,70	-8,09	-8,65	-4,18	-4,50	-3,38	-2,15	-1,70	-1,47	-4,85	-5,08	-5,22
Subcuenca 9	-73,26	-81,22	-92,10	-49,38	-57,34	-57,50	-36,55	-36,54	-26,18	-70,19	-57,54	-50,86
Subcuenca 10	41,09	25,52	18,05	13,19	13,96	21,55	23,09	19,96	19,34	20,87	41,79	53,55
Subcuenca 11	0,38	0,00	-0,03	-0,05	0,40	1,37	1,20	0,74	0,72	0,89	3,33	2,39
Subcuenca 12	-15,61	-16,56	-17,33	-5,07	-5,47	-3,80	2,94	3,95	5,37	-8,77	-10,39	-11,57
Subcuenca 13	31,85	19,69	14,50	10,81	9,80	12,32	11,73	7,75	7,52	9,01	25,12	38,67
Subcuenca 14	27,24	20,52	14,67	10,52	9,13	9,45	7,60	5,66	4,49	5,65	15,83	30,72
Brecha (m³/s)	-73,26	-81,22	-92,10	-49,38	-57,34	-57,50	-36,55	-36,54	-26,18	-70,19	-57,54	-50,86

3. El Escenario 8,5 fue recomendado por el Comité Técnico de EH2030, conformado por un grupo de expertos nacionales.

FIGURA 15. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE, PROYECTADA AL AÑO 2035-2050 CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.

* Estación de monitoreo

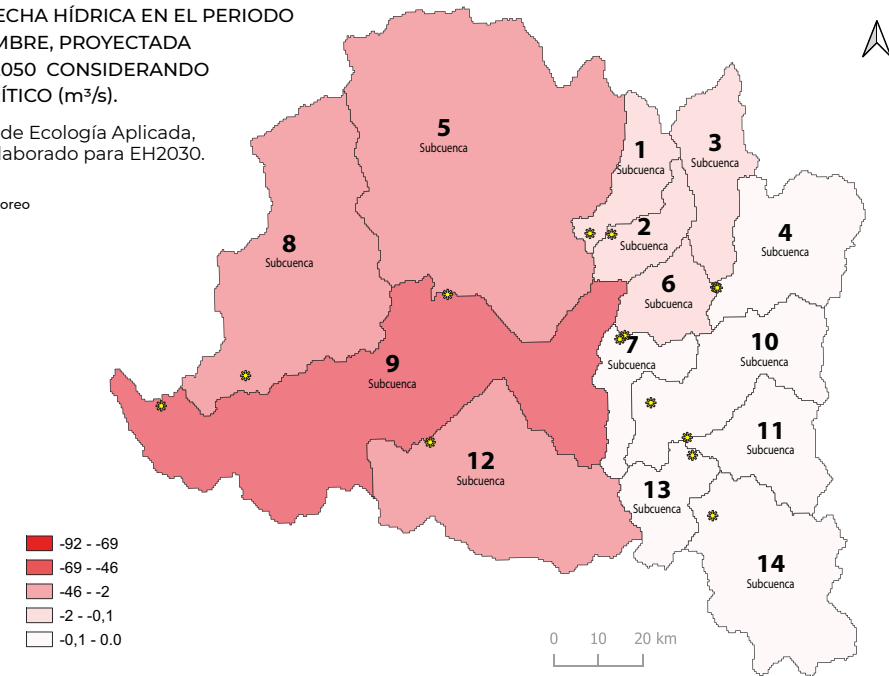
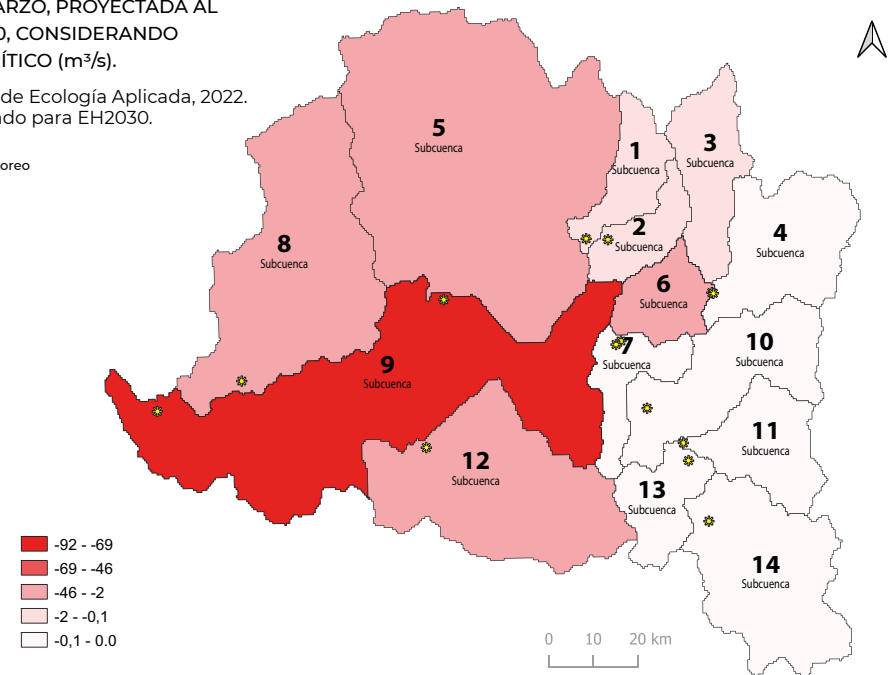


FIGURA 16. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO OCTUBRE - MARZO, PROYECTADA AL AÑO 2035-2050, CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.

* Estación de monitoreo



lograr sostener a los usuarios de agua que se desarrollan en ese territorio. En general, la menor disponibilidad de agua se agudiza en la mayoría de las subcuencas, excepto en las cordilleranas (10, 13 y 14) donde la

La Brecha Hídrica proyectada al 2050 en la cuenca del río Maipo va desde -26,18 m³/s (subcuenca 9, mes de septiembre), hasta -92,10 m³/s (subcuenca 9, mes de marzo).

disponibilidad de agua se mantendría si no existen cambios en la demanda y extracción de agua en ellas. Es importante destacar que las zonas cordilleranas deben ser resguardadas de futuras intervenciones que comprometan la disponibilidad de agua (extracciones, intervención a glaciares, etc.) ya que de ellas depende gran parte de la Seguridad Hídrica a alcanzar en la cuenca.

Si se realiza un análisis por "temporalidad", se observa que en la cuenca del río Maipo hay brechas en todos los territorios, existiendo algunos meses con valores más críticos que otros. Esto se evidencia en la Figura 16, que corresponde al periodo octubre-marzo, periodo donde existe una mayor demanda y menor disponibilidad de agua, lo que afecta principalmente a la subcuenca de la estación 9 (marcada en rojo).



TRANSFORMANDO EL FUTURO CON MEDIDAS, ACCIONES Y SOLUCIONES (MAS)

Para alcanzar la Seguridad Hídrica en la cuenca del río Maipo se deben evaluar formas de abastecimiento complementarias a las SbN, las de eficiencia y reúso, tales como nuevas fuentes de agua y manejo adecuado de la demanda.

En la cuenca del Maipo se han seleccionado colectivamente un conjunto de 61 soluciones (Ver TABLA 6).

Al incorporar este conjunto de soluciones en el ISH proyectado al 2050, según las capacidades potenciales del territorio, podemos visualizar los resultados que se obtienen en cada una de las subcuencas y su temporalidad en la TABLA 5.

TABLA 5. ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO PARA EL PERIODO 2035-2050, INCORPORANDO LAS MAS DEFINIDAS EN EL PROCESO DE CO-CONSTRUCCIÓN DE EH2030.

■ Seguridad Hídrica. Agua disponible para ser almacenada. ■ Cubre necesidades de la subcuenca, pero está afectando a usuarios aguas abajo. ■ Cubre caudal ecológico pero afecta la demanda aguas arriba. ■ Efecto en el caudal ecológico.

2035-2050	Índice de Seguridad Hídrica con MAS (m ³ /s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Subcuenca 1	-1,12	-1,00	-0,85	-0,29	-0,33	-0,31	-0,20	0,26	0,36	-0,63	-1,10	-1,21
Subcuenca 2	-0,82	-0,81	-0,38	-0,19	-0,12	-0,11	0,04	0,61	-0,13	-1,54	-0,80	-0,74
Subcuenca 3	-1,62	0,00	-0,13	-0,18	-0,29	-0,33	-0,27	-0,40	-0,54	-0,56	0,13	-0,04
Subcuenca 4	3,79	3,19	2,01	0,78	0,15	0,15	0,13	0,13	1,94	0,16	0,24	2,14
Subcuenca 5	5,63	5,77	5,13	8,58	7,96	8,06	9,88	9,51	14,46	8,39	7,37	6,59
Subcuenca 6	-2,43	-1,81	-2,16	-2,06	-1,75	-0,68	0,35	0,34	-0,17	-2,21	-4,90	-3,60
Subcuenca 7	34,39	23,11	14,64	9,67	10,17	17,58	22,66	20,83	20,18	18,63	37,51	49,69
Subcuenca 8	-0,07	-1,17	-2,90	0,02	-1,51	-2,37	-1,13	-0,65	2,68	0,56	1,58	2,09
Subcuenca 9	-17,50	-25,55	-39,66	-11,87	-24,04	-33,47	-17,24	-17,35	6,77	-23,72	-7,32	1,09
Subcuenca 10	37,07	23,42	15,84	10,70	10,57	15,82	17,50	14,82	14,80	17,55	38,16	49,97
Subcuenca 11	0,10	0,06	0,02	4,02	0,05	0,03	0,02	0,02	0,05	0,08	2,18	1,25
Subcuenca 12	-8,44	-9,87	-11,50	-1,47	-2,80	-2,76	1,88	1,94	4,59	-4,09	-4,61	-4,99
Subcuenca 13	30,52	18,62	13,33	9,40	7,89	10,35	9,77	5,79	6,10	7,62	23,77	37,34
Subcuenca 14	26,14	19,41	13,54	9,36	7,95	8,23	6,39	4,44	3,33	4,51	14,72	29,62
Brecha (m³/s)	-17,50	-25,55	-39,66	-11,87	-24,04	-33,47	-17,24	-17,35	-0,54	-23,72	-7,32	-4,99

Al agregar el aporte potencial del conjunto de soluciones definidas en el proceso de co-construcción territorial de EH2030, la Brecha Hídrica proyectada al 2050 disminuye a un rango entre -0,54 m³/s (Subcuenca 3, mes de

septiembre) hasta -39,66 m³/s (Subcuenca 9, mes de marzo), mostrando una gran mejoría en varias subcuencas, destacando la subcuenca 5 ubicada al norte del territorio analizado.

FIGURA 17. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO OCTUBRE – MARZO, PROYECTADA AL 2050, CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO SIN MAS (m³/s).

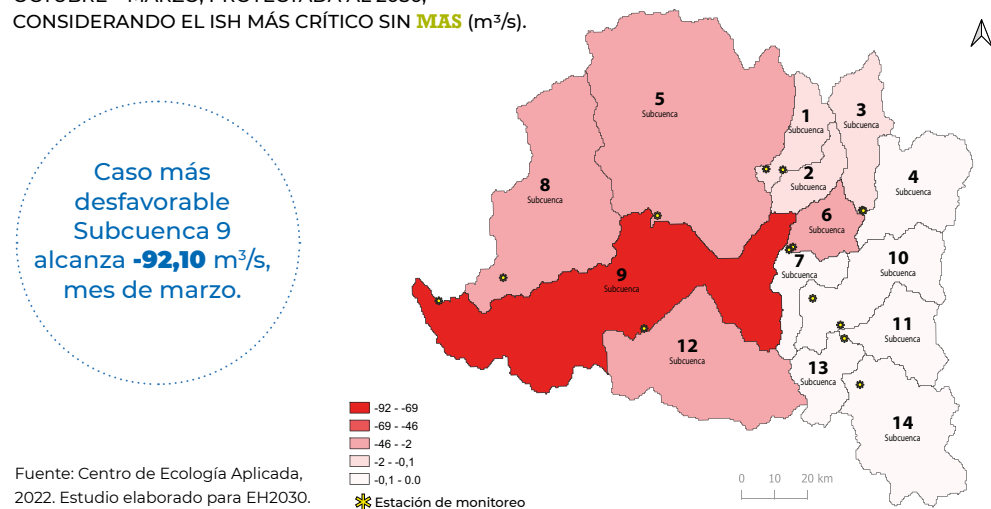
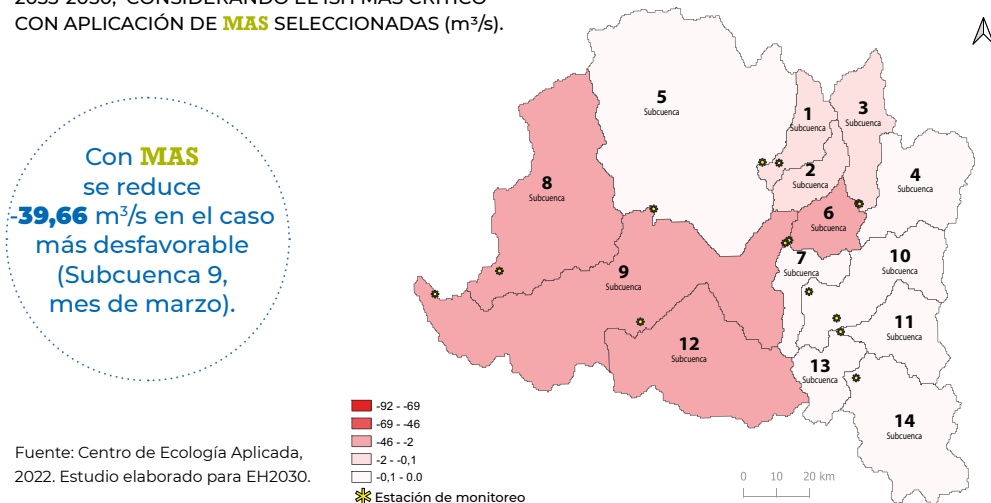


FIGURA 18. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO OCTUBRE -MARZO, PROYECTADA AL AÑO 2035-2050, CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO CON APLICACIÓN DE MAS SELECCIONADAS (m³/s).



Cabe destacar que la implementación del conjunto de MAS logra cubrir la brecha en varias subcuencas, sin embargo, la subcuenca 9 en el mes de marzo permanece con una brecha que debe ser gestionada. Se recomienda que -para alcanzar la Seguridad Hídrica- en toda la cuenca se deben evaluar formas de abastecimiento complementarias a las SbN, eficiencia, reúso de aguas residuales tratadas y desalación, tales como nuevas fuentes de

agua para las actividades productivas de alto consumo de agua, así como el manejo adecuado de la demanda de agua.

La figura muestra la distribución porcentual del agua aportada por el conjunto de medidas, acciones y soluciones recomendadas para implementar en la cuenca del río Maipo, considerando los ejes de la Transición Hídrica.



En parte, este resultado responde a la oportunidad de mejora del riego agrícola que actualmente alcanza un 53,6% de eficiencia en esta cuenca; por lo tanto, el sector agrícola posee un potencial significativo de contribución, siendo llamados a avanzar en la implementación de tecnologías para reducir sus extracciones de agua desde fuentes naturales superficiales y subterráneas, evitando la ampliación en la superficie de riego y maximizando su producción con el uso de menos agua y menos suelo.

Se encuentran las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y ancestrales, aportando al conjunto de soluciones según las características particulares del territorio y condiciones climáticas que tiene la cuenca del río Maipo. La capacidad potencial de aporte de agua de las SbN en esta cuenca está limitada principalmente por las proyecciones de bajas precipitaciones al 2050, lo que reducirá la disponibilidad de agua lluvia y no permitirá alcanzar el máximo potencial para la recarga de acuíferos que posee el territorio usando este tipo de soluciones. Asimismo, se han identificado territorios vulnerables a las inundaciones y deslizamientos de tierra (aluviones), donde se recomienda utilizar las SbN para su mitigación.

Considerando soluciones relacionadas con tratamiento, reúso de aguas tratadas y una desaladora de 4m³/s. Según los resultados de los análisis, no es recomendable la construcción de nuevos sistemas de almacenamiento superficial de agua en esta cuenca, dado que el ISH nos indica que no existen excedentes de agua que permitan su almacenamiento. Es decir, existe riesgo de no contar con disponibilidad hídrica para llenar dichos sistemas en el futuro. Es por ello que se recomienda potenciar la recarga de acuíferos como sistemas de almacenamiento de agua.

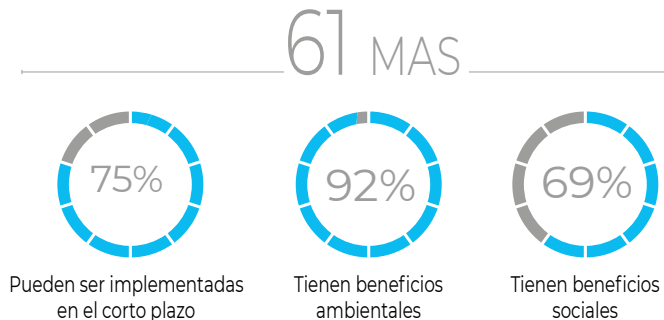
EL IMPACTO DE LAS MAS EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO

La Curva de Abatimiento (CdA) es una gráfica con información que permite identificar el conjunto de soluciones requeridas para abordar los problemas en los territorios, mostrando el impacto que genera cada una de ellas en m³ de agua y sus costos unitarios, facilitando así la toma de decisiones. Para la construcción de la CdA, fue necesario establecer criterios y/o consideraciones para cada una de las soluciones evaluadas, en base a las capacidades y limitaciones del territorio

(por ejemplo, pendientes, usos de suelo, etc.), así como costos referenciales de inversión.

Para el caso de la cuenca del río Maipo, el proceso colectivo de EH2030 seleccionó 61 MAS, las que se muestran en la TABLA 6.

Las 61 soluciones seleccionadas y priorizadas por los territorios se grafican en la CdA, donde se evidencian aquellas que poseen mayor aporte de agua (ver figura 19). Destacan aquí, las SbN como aquellas soluciones de menor costo, con una contribución de agua interesante, las que pueden ser implementadas en el corto plazo, posicionándolas como una alternativa costo-eficiente altamente recomendable.



Fuente: EH2030, 2022.

La eficiencia hídrica contribuye con un 73% de agua dentro del conjunto de 61 soluciones seleccionadas para la cuenca del río Maipo.

TABLA 6. CONJUNTO DE MAS SELECCIONADAS POR LOS TERRITORIOS PARA ABORDAR LA BRECHA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL MAIPO.

1	Conservación de humedales naturales
2	Conservación de estuarios
3	Conservación de ríos
4	Conservación de vegas
5	Mallas y lonas de poliuretano para protección de glaciares
6	Conservación de bosques en cabeceras de cuenca
7	Conservación de bosque esclerófilo
8	Llanuras de inundación
9	Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas)
10	Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas)
11	Sistema tradicional de captación y almacenamiento de aguas lluvias (Cochas/Q'ochas/Tipishcas/Jagüeyes)
12	Zanjas de infiltración para recolección y almacenamiento de agua lluvia
13	Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad y en lecho de río
14	Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres
15	Recuperación de riberas de ríos para mejorar servicios ecosistémicos
16	Reparación / restauración de humedales naturales
17	Reparación/ restauración de estuarios
18	Reparación / restauración de bofedales/vegas
19	Pavimentos permeables
20	Plazas de agua para recolección de agua lluvia
21	Jardines de lluvia para recolección de agua de escorrentía
22	Mejoramiento y reconstrucción de canales de regadío para evitar pérdidas por infiltración
23	Conducción cerrada de agua
24	Manta de hormigón impermeable para la pérdida por infiltración en el terreno
25	Celdas de polipropileno para la gestión de agua lluvia en forma de drenes
26	Cámaras ADS StormTech® para el control del agua pluvial
27	Riego por goteo áreas verdes y zonas urbanas (85%)
28	Riego subterráneo áreas verdes (90%)
29	Riego mecanizado mayor (aspersión o similar) (75%)
30	Micro riego localizado (goteo, microaspersión, microjet o similar) (85%)
31	Riego subterráneo agricultura (90%)
32	Cobertura de techos para retener humedad en cultivos
33	Reconversión agrícola a cultivos de menor requerimiento hídrico
34	Cultivos hidropónicos
35	Cultivos aeropónicos
36	Agricultura vertical en invernaderos
37	Paisajismo xérico o de bajo requerimiento hídrico

38	Cambio de vegetación nativa de menor requerimiento hídrico en áreas verdes urbanas
39	Mulch para retener humedad en el suelo para paisajismo xérico
40	Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego de áreas verdes
41	Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego
42	Estanque y lavamanos unificado para disminuir el consumo de agua
43	Sistemas sanitarios de menor requerimiento hídrico
44	Detergente de ropa sin enjuague
45	Detergente para lavado de automóviles en seco
46	Jabón espuma para lavado de manos
47	Relaves espesados, filtrados y en pasta para reducción de consumo de agua en minería
48	Agricultura de precisión con técnicas de riego deficitario controlado
49	Dispositivos de control de temperatura para eficiencia en el consumo de agua caliente
50	Aplicaciones móviles para la gestión eficiente de consumo de agua domiciliario
51	Labranza de conservación mínima o cero/Permacultura/Agroforestería
52	Infiltración para recarga de acuíferos por presión
53	Desalación mediante osmosis inversa
54	Estanque flexible para acumulación multiuso
55	Estanques modulares de fibra de vidrio para almacenamiento de agua
56	Humedal artificial subsuperficial
57	Lombrifiltro para tratamiento de aguas servidas
58	Biofiltros para tratamientos de aguas servidas
59	Sistema tratamiento de lodo activado para aguas residuales tratadas
60	Reúso de aguas residuales urbanas en emisarios submarinos
61	Reutilización agua residual rural

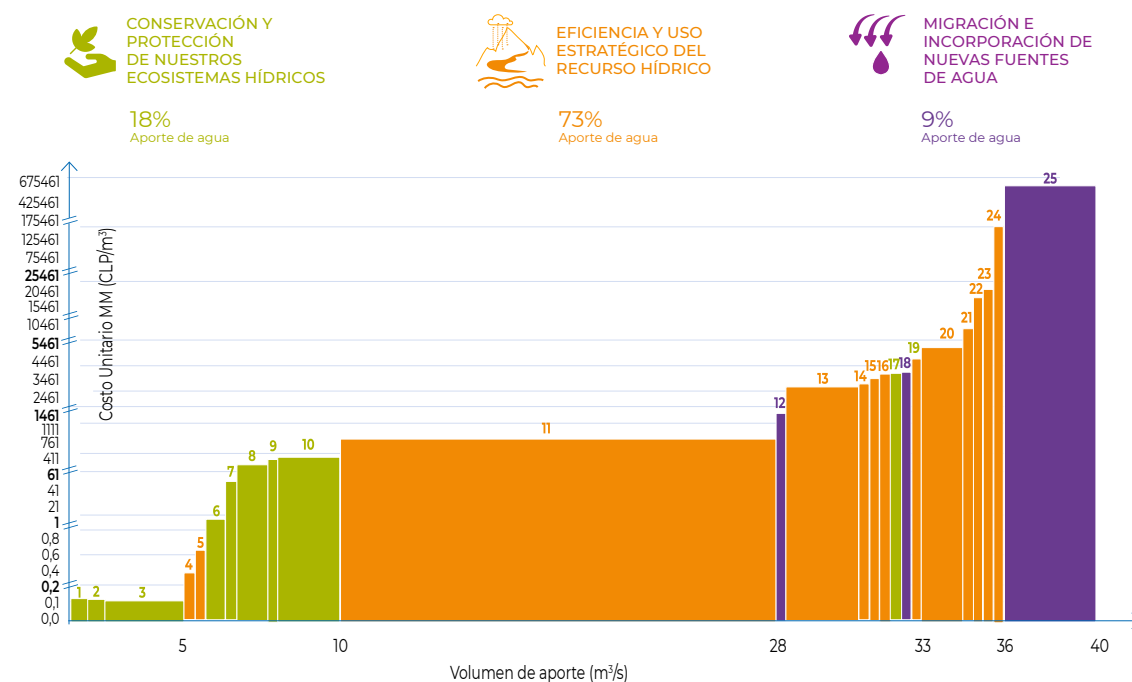
El costo unitario de las soluciones de la curva de abatimiento corresponde al valor en pesos por metro cúbico de agua (\$/m³) que es calculado según la factibilidad de aplicación de cada solución en el territorio. Para esta determinación, se obtiene un costo total (costo por hectárea multiplicado por la superficie total de aplicación) que luego se divide por el volumen total de aporte o ahorro de agua (volumen por hectárea multiplicado por la cantidad de hectáreas totales potenciales).

Es importante mencionar que existen soluciones que no dependen de una superficie como, por ejemplo, las de reúso y tratamiento de aguas residuales. En estos casos el costo se determina directamente según su máximo aporte.

El volumen de aporte corresponde al aporte o volumen de agua ahorrada en metros cúbicos por segundo (m³/s) que cada solución genera, considerando la factibilidad de aplicación de cada solución en el territorio.

Cabe señalar que para la elaboración de la curva de abatimiento se emplearon datos referenciales de costos de inversión y volúmenes de aporte de agua de soluciones reales implementadas en territorio chileno. Para soluciones que no han sido aplicadas en el país se utilizaron datos de proveedores nacionales, internacionales o de casos de aplicación reales a nivel internacional. La base para la construcción de esta curva de abatimiento se encuentra en HESMASH (ANEXO 2).

FIGURA 19. CURVA DE ABATIMIENTO DEL CONJUNTO DE SOLUCIONES QUE CONTRIBUYEN A LA BRECHA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO.



Fuente: Elaboración propia

- 1 Conservación de vegas
- 2 Conservación de bosques en cabeceras de cuenca
- 3 Conservación de bosque esclerófilo
- 4 Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego de áreas verdes
- 5 Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego
- 6 Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas)
- 7 Zanjales de infiltración para recolección y almacenamiento de agua lluvia
- 8 Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas)
- 9 Mulch para retener la humedad en el suelo para paisajismo xéricos
- 10 Mallas y lonas de poliuretano para protección de glaciares
- 11 Riego subterráneo en la agricultura (90%)
- 12 Sistema tratamiento de lodo activado para aguas residuales tratadas
- 13 Micro riego localizado (goteo, microaspersión microjet o similar) (85%)
- 14 Detergente para lavado de automóviles en seco
- 15 Riego Mecanizado mayor (asperión o similar) (75%)
- 16 Estanque y lavamanos unificado para disminuir el consumo de agua
- 17 Cambio de vegetación nativa de menor requerimiento hídrico en áreas verdes urbanas
- 18 Reúso de aguas residuales urbanas en emisarios submarinos
- 19 Sistemas sanitarios de menor requerimiento hídrico
- 20 Agricultura de precisión con técnicas de riego deficitario controlado
- 21 Dispositivos de control de temperatura para eficiencia en el consumo de agua caliente
- 22 Cultivos hidropónicos y aeropónicos
- 23 Paisajismo xérico o de bajo requerimiento hídrico
- 24 Celdas de polipropileno/cámaras ADS para control de agua pluvial
- 25 Desalación mediante osmosis inversa

EL VALOR DE LOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO

Valor económico de los servicios ecosistémicos del agua en la cuenca del río Maipo.

Estudio realizado por Wicha *et. al.*, 2022 (Ver Anexo 7) cuyo objetivo es valorar los servicios ecosistémicos que presta el agua en la cuenca del río Maipo.

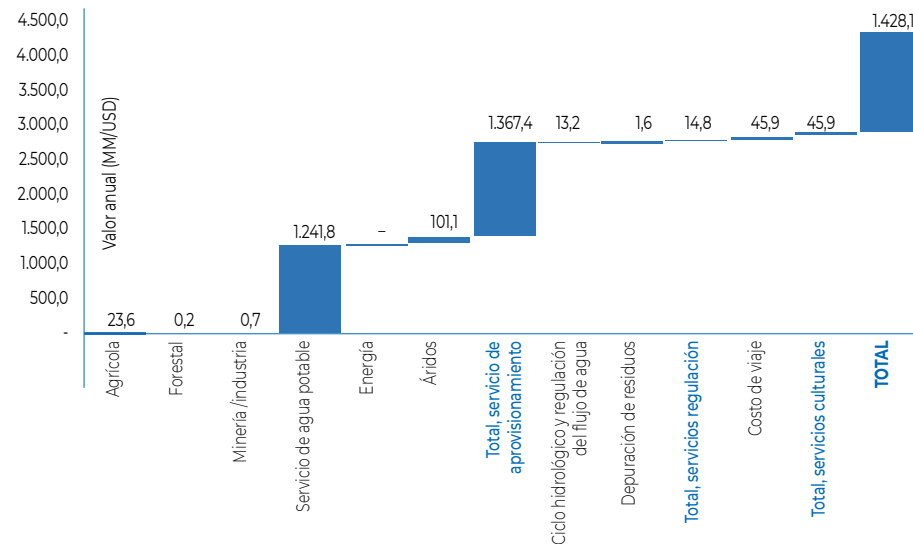
La Tabla 7 y Figura 20 muestran el valor anual en USD del aporte que entregan los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Maipo, que alcanza los 1.428 MM USD. El mayor aporte valorado de ellos (sobre el 95%) se encuentra asociado a los servicios de aprovisionamiento de agua (ver definición en página 24, paso

5 de la metodología), destacando el agua potable por sobre el sector agrícola.

Si bien el sector agrícola posee un mayor consumo de agua que el sector sanitario, los valores de transacción de estos servicios son los que marcan la diferencia, dado que el agua potable tiene un costo promedio de 1.100 \$/m³ y en el agua de riego un estimado de 7,8 \$/m³, basándose en los valores de las acciones de derechos de aprovechamiento de aguas (Ver Anexo 7 para revisar criterios y metodología de valoración).

Evaluación económica de las principales MAS

FIGURA 20. VALOR ANUAL EN MM USD QUE APORTAN LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CUENCA DEL MAIPO



Fuente: EH2030, 2022.

a implementar en la cuenca del río Maipo.

La evaluación económica realizada por Wicha *et. al.*, 2022, determina que en general las MAS evaluadas serían viables, obteniendo un VAN total de 8.845 millones de USD sustentado en una inversión de 3.071 millones de USD.




Cabe destacar que esto no corresponde a la inversión total del conjunto de las 61 MAS seleccionadas para la cuenca del río Maipo, sino que es un indicador (VAN) aplicado a las principales MAS que, cuando su valor es igual o superior a cero, quiere decir que el proyecto es recomendable para su implementación. El VAN corresponden a todos los ingresos menos los egresos durante el horizonte de evaluación, expresados en moneda actual.

La relación beneficio/costo del conjunto de MAS es 3,89; teniendo casi 4 veces más beneficios que sus costos, con un potencial aporte volumétrico de los Servicios Ecosistémicos de 1.640 MM m³, equivalente al 47% de la demanda hídrica anual estimada en la cuenca.



Foto: Big_Chile / Proyecto ríos, Río Maipo

TABLA 8. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS MAS EN LA CUENCA DEL MAIPO.
(Cifras de beneficio, inversión y precio expresadas en USD).

	IDENTIFICACIÓN MAS	ÁREA DE INFLUENCIA (ha)	BENEFICIO anual (USD)	INVERSIÓN (USD)	VAN (USD)	RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	CANTIDAD DE AGUA RECUPERADA (m ³ /año)
 CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE NUESTROS ECOSISTEMAS HÍDRICOS	Reforestación y forestación de cuencas.	83.436,00	16.906.857	77.064.827	348.916.900	5,53	28.626.957
	Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad.	6.947,56	5.004.327	10.877.100	72.528.356	7,67	8.473.406
	Pavimentos permeables.	1.377,82	3.363.389	1.124.833.877	-1.068.777.391	0,05	5.694.943
	Plazas de agua para recolección de agua lluvia.	1.520,76	25.877.146	3.082.074	428.203.685	139,93	43.815.590
	Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas).	10,44	187.083	28.768	3.089.290	108,39	316.773
	Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas).	7.218,13	129.347.962	1.378.663	2.154.420.708	1.563,69	219.014.003
	Zanjas de infiltración.	34.490,57	23.653.643	9.752.209	384.475.173	40,42	40.050.720
	Jardines de lluvia para recolección de agua de escorrentía.	651,46	1.590.267	299.183.646	-272.679.188	0,09	2.692.666
 EFICIENCIA Y USO ESTRATÉGICO DEL RECURSO HÍDRICO	Sistemas de riego para la optimización del consumo de agua en áreas verdes y zonas urbanas.	651,46	1.540.918	8.063.720	17.618.240	3,18	2.609.106
	Sistemas de riego para la optimización del consumo de agua en la agricultura - Riego mecanizado mayor, aspersión o similar.	7.059,20	8.104.438	44.142.280	90.931.687	3,06	13.722.562
	Sistemas de riego para la optimización del consumo de agua en la agricultura - riego agrícola goteo.	18.738,75	51.025.798	74.955.000	775.474.959	11,35	86.397.683
	Riego subterráneo áreas verdes.	651,46	2.182.967	3.038.000	33.344.776	11,98	3.696.233
	Riego subterráneo agricultura.	103.281,10	318.947.703	400.730.280	4.915.064.775	13,27	540.047.266
	Cultivos aeropónicos/hidropónico.	2.562,62	9.326.336	512.600.000	-357.161.069	0,30	15.791.498
	Cultivos vertical.	1.544,60	5.221.605	56.945.076	30.081.667	1,53	8.841.303
	Infiltración para recarga de acuíferos por presión.		16.167.462	6.000.000	263.457.692	44,91	27.375.000
 MIGRACIÓN E INCORPORACIÓN DE NUEVAS FUENTES DE AGUA	Matriz unificada de distribución de agua.		26.656.792	106.000.000	338.279.873	4,19	14.892.063
	Reúso de aguas residuales urbanas (emisarios submarinos).		62.094.384	331.080.000	703.826.400	3,13	578.160.000
	Reúso de aguas residuales rural (SSR).		338.697	1.647.149	3.997.795	3,43	189.216
	TOTAL	270.141,92	707.537.773	3.071.402.668	8.865.094.327	3,89	1.640.406.987

Volviendo al origen

Dentro de las MAS (Medidas, Acciones, Soluciones), adquieren relevancia las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SbN), que utilizan o imitan los procesos naturales para la mejor gestión del agua.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza las define como “todas aquellas intervenciones destinadas a proteger, restaurar y gestionar de manera sostenible los ecosistemas, como una forma de abordar los desafíos de la sociedad de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios para la biodiversidad” (UICN, 2016).

Las SbN prestan muchos servicios ecosistémicos intangibles y adicionales a la cantidad de agua que aportan, tales como:

- **Aumentan la disponibilidad y calidad de agua.**
- **Mitigan inundaciones, aluviones y tsunamis, reduciendo la pérdida de suelo y protegiendo las costas.**
- **Conservan la biodiversidad.**
- **Reducen costos.**
- **Entregan resiliencia al cambio climático a los territorios y al ciclo hídrico.**
- **Purifican el aire (Mitigación CO₂).**
- **Reducen la temperatura ambiente.**
- **Proveen infraestructura natural de almacenamiento y conducción de agua.**

El costo de conservación de las fuentes naturales de agua es 18 veces menor que el costo de reemplazo artificial (Barclays, 2021).



RUTA DEL AGUA

Regenerando el curso del río Maipo

Foto: Big_Chile / Río Maipo



CONSERVACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 1:
100% de las ha de conservación y protección de ecosistemas base identificadas para el ciclo hídrico.

Indicador $\frac{HPO}{HPT} * 100 = XX\%$

HPO: Hectáreas con protección oficial
HPT: Hectáreas potenciales de aplicación de Medidas de conservación

1 ha de conservación aporta 0,0000122302 m³/s de agua.

Conjunto de soluciones

Conservación de:

- Humedales naturales
- Estuarios
- Ríos
- Bosque nativo
- Vegas

Actores

MMA; Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas - SBAP (se encuentra actualmente en trámite legislativo).

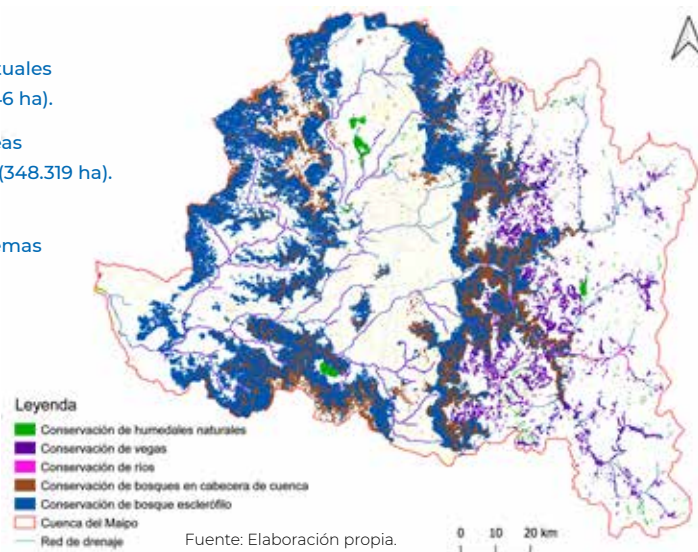
Apoyo: JdV- Bienes Nacionales- CONAF (SNASPE)- SAG- MINAGRI- MINVU (IPT)- Monumentos Nacionales- Municipalidades y comunidad local, incluidos los privados dueños de los territorios fundamentales de conservar.

Impacto Esperado

- 0,34 m³/s de agua generan las actuales áreas con protección oficial (27.946 ha).
- 4,26 m³/s de agua generan las áreas potenciales a proteger/conservar (348.319 ha).
- 145.137.452 m³/año es el agua que generan actualmente los ecosistemas existentes que son prioritarios de conservación, con 376.193 ha.

Inversión Referencial

- La protección y conservación de ecosistemas relevantes en el ciclo hídrico tienen costos marginales asociados a su gestión.



CONSERVACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 2:
Mínimo 4,29 m³/s dispuestos y disponibles para recarga de agua a acuíferos (SbN), en zonas de conservación.

Indicador

ha con SbN implementadas x m³/s/ha recarga potencial con SbN

- 0,0000763 m³/s/ha de recarga potencial con SbN.

Conjunto de soluciones

- Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad y en lecho de río.
- Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas).
- Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas).
- Sistema tradicional de captación y almacenamiento de aguas lluvias (Cochas/Q'ochas/Tipishcas/Jagüeyes).
- Zanjas de infiltración para recolección y almacenamiento de agua lluvia.
- Llanuras de inundación.

Actores

MMA, SBAP, CONAF, DOH.

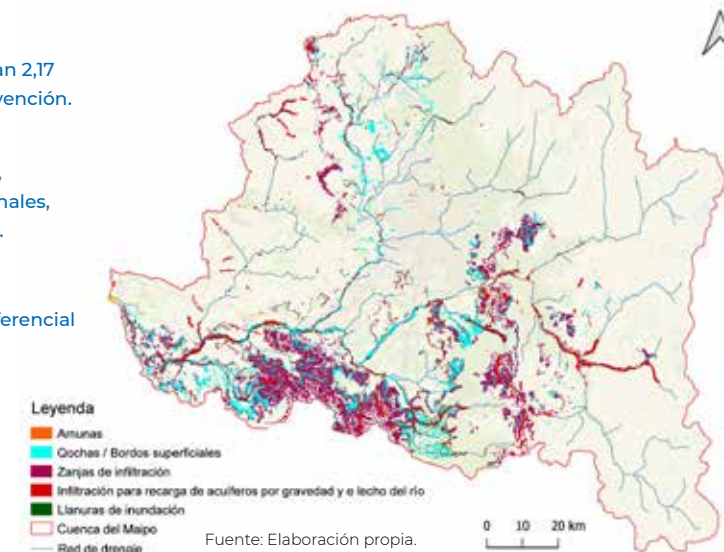
Apoyo: CIREN (APOYO INFORMACIÓN)- CNR- DGA- SAG- JdV- INDAP- MOP- SSR- Ministerio Desarrollo Social- Gobiernos Regionales y Municipalidades.

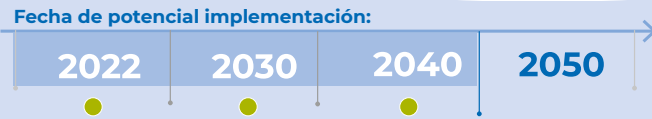
Impacto Esperado

- 56.191 ha a conservar que aportan 2,17 m³/s en forma natural, sin intervención.
- Cuando se implementan SbN en estas zonas de conservación, pueden aportar 2,12 m³/s adicionales, llegando a un total de 4,29 m³/s.

Inversión Referencial

- 360,000 USD costo inversión referencial para cumplimiento de la meta.





REPARACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 3:
100% ha para reparar ecosistemas fundamentales, el restablecimiento del ciclo hídrico y adaptación al cambio climático.

Indicador

$\frac{\text{ha reparadas implementadas}}{\text{ha potenciales a reparar con SbN}} * 100$

- 0,0000729 m³/s/ha recarga potencial con SbN.
- 527,05 ha potenciales a reparar en ecosistemas fundamentales para el restablecimiento del ciclo hídrico y adaptación al cambio climático.

Impacto Esperado

- Las 527,05 ha potenciales a reparar, aportan actualmente 0,02 m³/s sin MAS. Cuando se implementan SbN en estas zonas de reparación, pueden aportar 0,018 m³/s adicionales, llegando a un total de 0,038 m³/s.

Inversión Referencial

- 6,060,000 USD costo inversión referencial para cumplimiento de la meta.

Conjunto de soluciones

- Recuperación de riberas de ríos para mejorar servicios ecosistémicos.
- Reparación / restauración de humedales naturales.
- Reparación / restauración de estuarios.
- Reparación / restauración de vegas.

Actores

MMA, SBAP, CONAF, DOH.

Apoyo: Municipalidades- JdV- DGA- Ministerio de Bienes Nacionales- INDAP- Gobiernos Regionales, Privados dueños de los territorios fundamentales a reparar.



Fuente: Elaboración propia.



REPARACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 4:
Mínimo 4,29 m³/s dispuestos y disponibles para recarga de agua a acuíferos (SbN), en zonas de conservación.

Indicador

$\text{ha con MAS implementadas} \times \text{m}^3/\text{s}/\text{ha recarga potencial con SbN}$

- 0,00005 m³/s/ha recarga potencial con SbN de reforestación de bosque nativo.
- 0,000135 m³/s/ha recarga potencial con SbN en zonas agrícolas (inundación gestionada).
- 278.140 ha potenciales de reparación al año 2050, en ecosistemas fundamentales para el restablecimiento del ciclo hídrico y adaptación al cambio climático.

Impacto Esperado

- Las 278.140 ha potenciales de reparar, aportan actualmente 10,76 m³/s sin MAS.
- Cuando se implementan SbN en estas zonas de reparación, pueden aportar 19,64 m³/s adicionales, llegando a un total de 30,64 m³/s.
- Esta meta también aborda el riesgo de inundaciones y aluviones en 1.551.188 ha, minimizando pérdidas y daños.

Inversión Referencial

- 80,307,333 USD costo inversión referencial para cumplimiento de la meta.

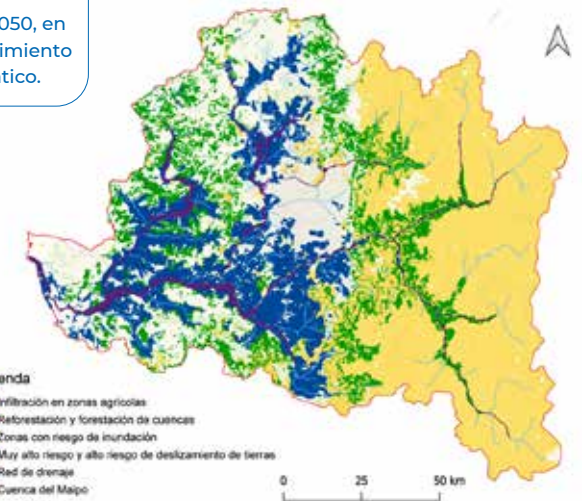
Conjunto de soluciones

- Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres.
- Infiltración en zonas agrícolas.

Actores

MMA, SBAP, CONAF, DOH, ONEMI.

Apoyo: Municipalidades- JdV- DGA- Ministerio de Bienes Nacionales- INDAP- Gobiernos Regionales, Privados dueños de los territorios fundamentales a reparar.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



REPARACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 5:

Mínimo 0,001 m³/s dispuestos y disponibles para recarga de agua a acuíferos, en zonas de reparación urbana.

Indicador

ha con MAS implementadas x m³/s/ha recarga potencial con MAS

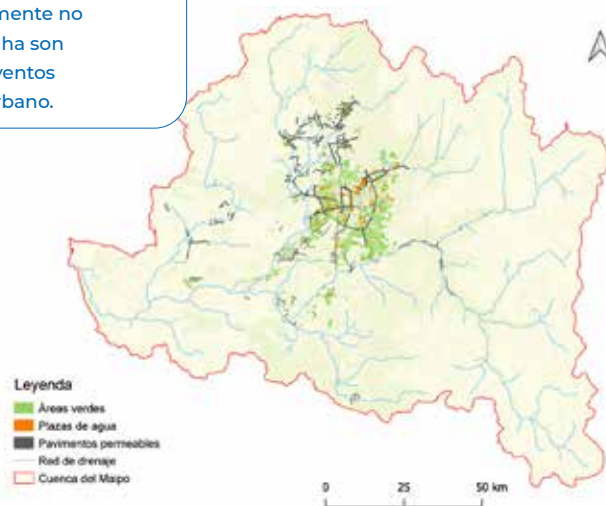
- 0,0011757 m³/s/ha recarga potencial con **MAS** en zonas urbanas. Estas zonas actualmente no producen recarga de acuíferos por pavimentación principalmente.
- 3550,04 ha a reparar al 2050, que actualmente no recargan acuíferos, de las cuales 1866,45 ha son áreas susceptibles a inundaciones por eventos hidrometeorológicos dentro del límite urbano.

Impacto Esperado

- Con la implementación de MAS, estas áreas tendrían una recarga de agua al acuífero de mínimo 0,001m³/s, minimizando el riesgo hídrico, pérdidas y daños por inundaciones.

Inversión Referencial

- 967,759,360 USD costo inversión referencial para el cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.

Conjunto de soluciones

- Pavimentos permeables.
- Plazas de agua para recolección de agua lluvia.
- Jardines de lluvia para recolección de agua de escorrentía.

Actores

ONEMI, Municipios, DOH, MINVU.

Apoyo: Municipalidades, MMA, SUBDERE, MOP, SSS, Gobiernos Regionales, Privados dueños de los territorios fundamentales a reparar.



Fecha de potencial implementación:



MEJORAMIENTO EN CONDUCCIÓN

Meta 6:

Reducir 0,016 m³/s de extracciones por eficiencia en conducción, contribuyendo a la conservación de caudal ecológico del río.

Indicador

ha con MAS implementadas x m³/s/ha eficiencia por conducción

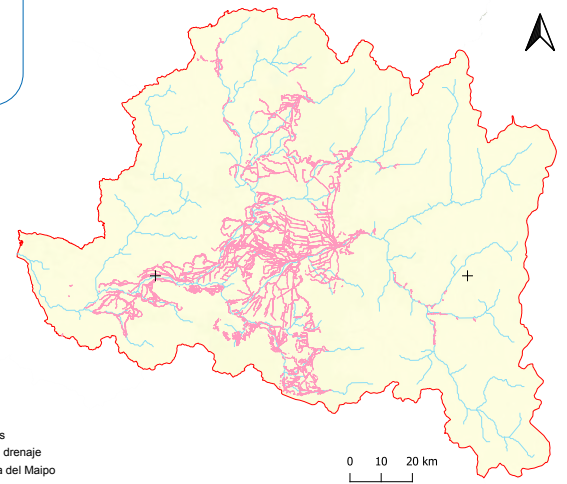
- 0,000249 m³/s/ha eficiencia por conducción.
- 1 ha equivale a 33,3 km de canal.
- Extensión total de canales: 6889,1 km.
- Superficie total: 196,44 ha, considerando un ancho promedio de 0,3 m del canal y 6541,45 km de canales.

Impacto Esperado

- 186 ha de canal (6193,8 km) evita la pérdida de 0,016 m³/s de agua por la conducción a través de canales.
- 10,44 ha de canal (347,65 Km) cumplen la función de alta recarga a los acuíferos, pudiendo llegar a recargar 0,01 m³/s en época de lluvias.

Inversión Referencial

- 886,000,000 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Es importante determinar las zonas de alta recarga en canales, las que se deben manejar adecuadamente para no perder su infiltración en invierno.



ALMACENAMIENTO

Meta 7:
Aumentar en 1,7 MMm³ la capacidad de almacenamiento total en la cuenca, destinado para la gestión local de inundaciones (exceso de lluvia).

Indicador
m³ implementados para almacenamiento

- 1,702 MMm³ es la capacidad potencial de almacenamiento de agua lluvia en sistemas medianos o pequeños.

Impacto Esperado

- Estos sistemas podrán almacenar 0,054 m³/s que se generan en la cuenca.

Inversión Referencial

- 65,900,000 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.

Conjunto de soluciones

- Celdas de polipropileno para la gestión de agua lluvia en forma de drenes.
- Cámaras ADS StormTech® para el control del agua pluvial.
- Estanque flexible para acumulación multiuso.
- Estanques modulares de fibra de vidrio para almacenamiento de agua.

Actores

Municipios, MINVU, CRN, INDAP.

Apoyo: DGA, MOP, DOH.



OPTIMIZACIÓN EN RIEGO DE ÁREAS VERDES

Meta 8:
Reducir el consumo de 1,36 m³/s por eficiencia en uso de agua en áreas verdes para abordar la Brecha Hídrica local y de la cuenca.

Indicador

ha con MAS implementadas x m³/s/ha eficiencia en áreas verdes

- 0,000348 m³/s/ha eficiencia en áreas verdes.

Conjunto de soluciones

- Riego por goteo áreas verdes y zonas urbanas (85%).
- Riego subterráneo áreas verdes (90%).
- Paisajismo xérico o de bajo requerimiento hídrico.
- Cambio de vegetación nativa de menor requerimiento hídrico en áreas verdes urbanas .
- Mulch para retener humedad en el suelo para paisajismos xéricos.
- Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego de áreas verdes.

Actores

Municipalidades, Gobierno Regional.

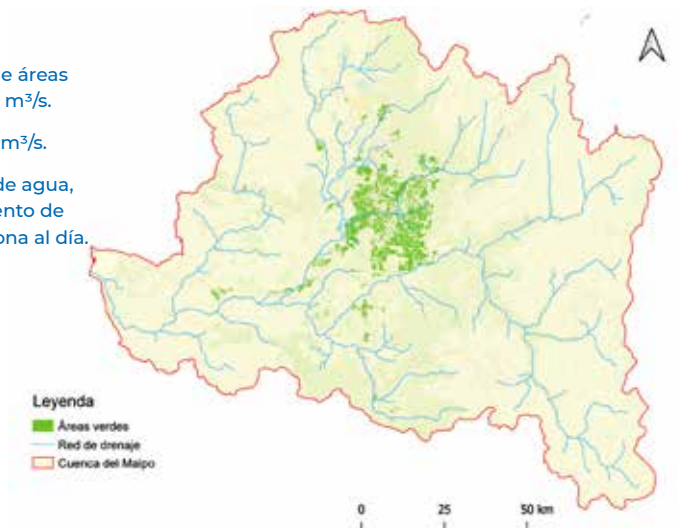
Apoyo: Academia.

Impacto Esperado

- 3908,05 ha actuales con riego de áreas verdes, con un consumo de 3,17 m³/s.
- 1 ha de pasto consume 0,00081 m³/s.
- 1 m² de pasto consumo 7 L/día de agua, o sea, casi 4 veces el requerimiento de agua para bebida por una persona al día.

Inversión Referencial

- 262,066,508 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



OPTIMIZACIÓN DE RIEGO AGRÍCOLA

Meta 9:

Reducir en un 32,1% la extracción de agua para riego en agricultura, equivalente a 21,94 m³/s, permitiendo sostener la agricultura y, a la vez, disponer del agua que se deja de extraer para otros usos en la cuenca.

Conjunto de soluciones

- Riego mecanizado mayor (aspersión o similar) (75%).
- Micro riego localizado (goteo, microaspersión microjet o similar) (85%).
- Riego subterráneo agricultura (90%).
- Cobertura de techos para retener humedad en cultivos.
- Reconversión agrícola a cultivos de menor requerimiento hídrico.
- Cultivos hidropónicos y aeropónicos.
- Agricultura vertical en invernaderos.
- Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego.

Actores

MINAGRI, CNR, INDAP, OUAs.

Apoyo: Municipios, Asoc. Gremiales agrícolas, agricultores, academia.

Indicador

$$\frac{\text{m}^3/\text{s} \text{ reducidos en extracción}}{\text{m}^3/\text{s} \text{ totales extraídos}} * 100 = XX\%$$

$$\frac{\text{ha} \text{ actuales con riego agrícola}}{\text{ha} \text{ basales con riego agrícola}} * 100 = XX\%$$

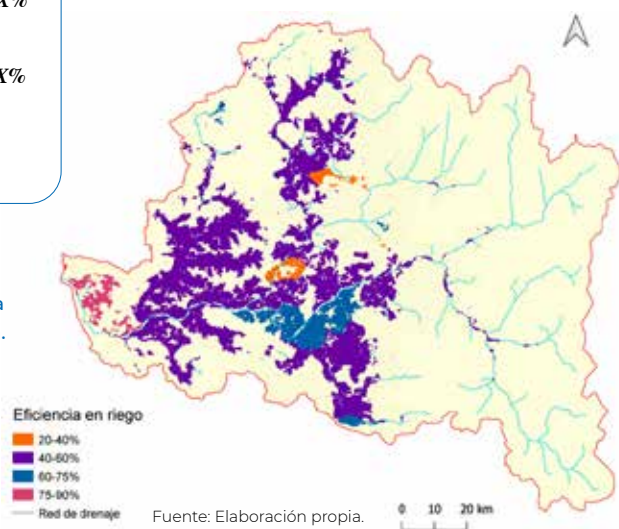
- 147.472 ha basales con riego agrícola, con una extracción de 68,28 m³/s.

Impacto Esperado

- Incremento en la disponibilidad de agua en la cuenca de 21,94 m³/s (692 MMm³/año) para reducir la Brecha Hídrica local y de la cuenca.
- 1 ha con **MAS** de eficiencia implementada en la agricultura, reduce la extracción de agua en 0,00037 m³/s (31,9 m³/día).

Inversión Referencial

- 1,107,085,215 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fecha de potencial implementación:



CAMBIO PROCESO AGRÍCOLA

Meta 10:

Implementar cambios de proceso de producción agrícola en un 1,03% de las ha agrícolas, disponibilizando 0,04m³/s de agua para abordar la Brecha Hídrica local y en la cuenca.

Conjunto de soluciones

- Labranza de conservación mínima o cero .
- Permacultura para la producción agrícola.
- Agroforestería.

Actores

CNR, INDAP.

Apoyo: OUAs, Asoc. Gremiales agrícolas, Agricultores, CONAF, academia, consultores.

Indicador

$$\frac{\text{ha implementadas con cambios de proceso}}{\text{ha potenciales para cambios de proceso}} * 100$$

- Meta equivale a 1.518 ha potenciales de implementación en cambios de proceso de producción agrícola en la cuenca del Maipo.

Impacto Esperado

- Incremento en la disponibilidad de agua en la cuenca de 0,04 m³/s (1.261.440 m³/año) para reducir la Brecha Hídrica local y de la cuenca.
- 1 ha con cambio de proceso en producción agrícola implementado, reduce en 0,000026 m³/s la extracción de agua.

Inversión Referencial

- 1,791,240 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



OPTIMIZACIÓN DE AGUA POTABLE

Meta 11:

Reducir el consumo de agua urbano en el sector de agua potable y saneamiento, priorizando usuarios en zonas de alto consumo para disponibilizar 1,39 m³/s de agua que contribuyan a abordar la Brecha Hídrica local y de la cuenca.

Conjunto de soluciones

- Estanque y lavamanos unificado para disminuir el consumo de agua.
- Sistemas sanitarios de menor requerimiento hídrico.
- Detergente de ropa sin enjuague.
- Detergente para lavado de automóviles en seco.
- Jabón espuma para lavado de manos.
- Dispositivos de control de temperatura para eficiencia en el consumo de agua caliente .
- Aplicaciones móviles para la gestión eficiente de consumo de agua domiciliario.
- Otras asociadas al riego con agua potable.

Actores

SISS, Empresas sanitarias.

Apoyo: Municipios, SSR, DOH.

Indicador

Facturación Línea de Base 2022 - Facturación año a reportar

- 0,00000126 m³/s/hogar se logra reducir aplicando **MAS**.

Impacto Esperado

- Se consideran 1.127.743 hogares, con 4 personas cada uno, equivalente al consumo de 4.510.972 personas en total. Se considera para el cálculo que cada persona consume 170 L/día de agua, siendo 680 L/día para un hogar, según datos SISS.
- Se busca disminuir el sobreconsumo de agua, en especial en aquellos clientes que consumen por sobre el promedio nacional/OCDE.
- Las soluciones aplicarán a reducir un 16% del consumo total de hogares considerados.

Inversión Referencial

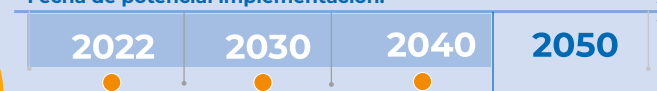
- 167.230.219 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



OPTIMIZACIÓN CONDUCCIÓN AGUA POTABLE

Meta 12:

Alcanzar un 15% máximo de pérdidas en tuberías (redes y conducciones) en el sector agua potable y saneamiento, dejando de extraer esa agua desde fuentes naturales de la cuenca.

Conjunto de soluciones

- No posee **MAS** asociadas.

Actores

SISS, Empresas sanitarias, DOH, Municipios, SSR.

Apoyo: Gobierno Regional.

Indicador

$$ANF = \frac{(VProd - VFact)}{VProd} * 100 = XX\%$$

ANF: Agua No facturada (%)
VProd: Volumen de agua producida, m3 (a la salida de las plantas de tratamiento de agua potable o de los estanques, según corresponda)

- 278.183.000 m³/año de agua no facturada (agua potable producida que no llega a facturación, SISS, 2020).

Impacto Esperado

- Al disminuir las pérdidas en la producción de agua potable (aguas no facturadas-ANF), se dejan de extraer 4,16 m³/s desde las fuentes naturales de agua.
- 832.626.000 m³/año de agua potable producida (SISS, 2020).

Inversión Referencial

- 554.443.000 m³/año de agua facturada.



Fuente: Elaboración propia.



OPTIMIZACIÓN MINERÍA

Meta 13:
Disminuye el porcentaje de agua continental para la industria minera, donde no supere el 5% al 2050 de las aguas continentales utilizadas, promoviendo otras fuentes que no compitan con el consumo humano.

Conjunto de soluciones

No tiene **MAS** Asociadas.

Actores

DGA u organismo que lidera la gestión de aguas en Chile (Actualización de Huella Hídrica).

Apoyo: COCHILCO, SONAMI, Consejo Minero, Empresas Mineras.

Indicador

$$\frac{(m^3/año\ agua\ dulce + m^3/año\ agua\ desalada) \times 5}{m^3/año\ agua\ dulce\ extraída\ por\ el\ sector\ minero} = XX\%$$

Impacto Esperado

- 0,841 m³/s de agua dulce se dejarían disponibles para otros usos en la cuenca (Cochilco, 2021).
- En esta cuenca no se reporta uso de agua de mar (COCHILCO, 2021).
- 1 m³/s se estima el uso de agua continental del sector minero en la Región Metropolitana al año 2032 (COCHILCO, 2021).



Fuente: Elaboración propia.



OPTIMIZACIÓN INDUSTRIAL

Meta 14:
Reducir la extracción de agua en el sector industrial en un 40% al 2050, que permita abordar la Brecha Hídrica local y de la cuenca.

Conjunto de soluciones

No tiene **MAS** Asociadas.

Actores

DGA u organismos que lidera la gestión de aguas en Chile (Actualización de Huella Hídrica), SISS (facturación de agua potable a empresas).

Apoyo: ASCC (APL), Sector industrial; SII e INE (base para actualización de Huella Hídrica).

Indicador

$$\frac{(m^3/año\ reportados\ de\ agua\ extraída\ en\ el\ año\ a\ evaluar \times 100)}{m^3/año\ base\ de\ agua\ extraída\ por\ el\ sector\ industrial} = XX\%$$

- 0,94 m³/s es el agua extraída por el sector industrial (En base a Jaramillo & Acevedo, 2017).



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



PROVISIÓN DE AGUA POTABLE RURAL

Meta 15:

El 100% de la población rural o fuera del área de concesión sanitaria, tendrá acceso a agua potable de calidad apropiada y sin interrupciones, reduciendo el aporte de camiones aljibe al 5% de la población rural más aislada.

Conjunto de soluciones

- No hay una **MAS** asociada en forma directa, dado que la implementación de un conjunto de **MAS** que ayuden a recuperar y recargar los acuíferos, serán claves para asegurar la disponibilidad de agua para los SSR.

Actores

Gobierno Regional.

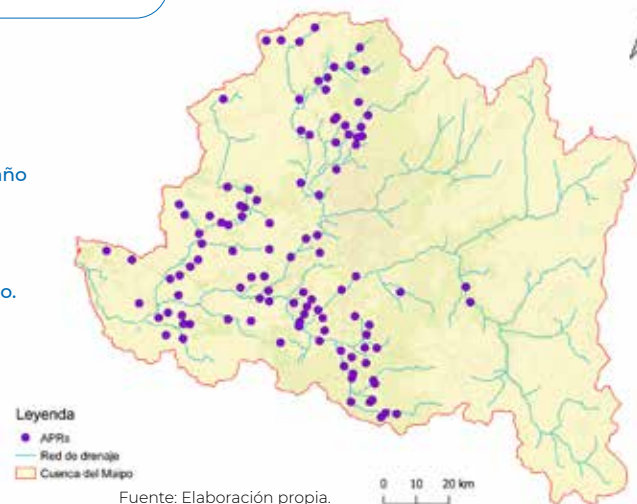
Apoyo: MIDESO (Encuesta CASEN, distribución de Hogares según la fuente de distribución de agua); Ministerio del Interior (Emergencia, camiones Aljibes); INE; SISS; DOH; Municipalidades.

Indicador

$$\frac{\text{Nro. de habitantes rurales habilitados con agua potable}}{\text{Nro. total de habitantes rurales}} \times 100$$

Impacto Esperado

- Más de 18.496 beneficiarios rurales.
- Ahorro para el Estado de 1,959,898 USD/año por disminuir el uso de camiones aljibes, pudiendo invertir esos recursos en mejorar la Seguridad Hídrica del abastecimiento para el consumo humano.
- Actualmente, los habitantes rurales que consumen agua del camión aljibes, pagan una tarifa entre 4 y 8 veces mayor que la cobrada por una empresa sanitaria.



Fecha de potencial implementación:



NUEVAS FUENTES DE AGUA

Meta 16:

Generar mínimo 4 m³/s de nuevas fuentes de agua, donde el caudal generado pueda ser aprovechado para diferentes usos con impacto positivo social y ambiental.

Conjunto de soluciones

- Desalación mediante osmosis inversa.
- Nanofiltración (NF) para pre-tratamiento en purificación de agua de mar.
- Microfiltración (MF).
- Agua Atmosférica.

Actores

DIRECTEMAR (marco regulatorio de uso de esta fuente de agua) y el organismo que lidera la gestión de aguas en Chile.

Apoyo: SMA, MMA (RETc), SEA, MOP.

Indicador

m³/año de nueva agua incorporada al sistema + m³ acumulados

Impacto Esperado

1 m³/s de agua nueva que ingresa al sistema hídrico de la cuenca permite:

- *El riego de 1000 ha agrícolas (en base a alfalfa con riego tecnificado).
- *El consumo de agua potable de 536.313 personas/día. (161,1 L/día/hab (SISS, 2020))
- *La producción de 1,85 toneladas de cobre. Se considera un make up de agua de 0,54 m³/ton mineral (volumen total de agua consumida independiente de si su origen es continental, desalada u otro, COCHILCO, 2021).
- *La producción de 92 kg de Hidrógeno Verde (Para producir 1 m³ de hidrógeno se necesita más o menos 1 litro de agua. Teniendo en cuenta estas cifras, se necesitan aproximadamente 11 litros de agua).

Inversión Referencial

- 2,624 MM USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.





REÚSO DE AGUAS RESIDUALES RURALES

Meta 17:

Tratar y reusar un 100% de aguas residuales descargadas por PTAs rurales para que sean destinados a proyectos con beneficio social y ambiental.

Conjunto de soluciones

- Humedal artificial subsuperficial.
- Lombrifiltro para tratamiento de aguas servidas.
- Biofiltros para tratamientos de aguas servidas.
- Sistema tratamiento de lodo activado para aguas residuales tratadas.
- Coagulación y floculación para tratamiento de aguas residuales.
- Reutilización agua residual rural.

Actores

DOH, SISS, MINSAL.

Apoyo: Municipalidades, Gobiernos Residuales, SSR.

Indicador

$$\frac{m^3/s \text{ de agua reusada implementada}}{m^3/s \text{ potenciales de reúso en la cuenca}} \times 100 = XX\%$$

- La cuenca posee un potencial de reúso de aguas servidas rurales de 0,63 m³/s, de las cuales 0,52 m³/s no poseen condiciones para el reúso de agua en el corto plazo, porque no poseen sistemas de alcantarillado o sistema de tratamiento adecuado.

Impacto Esperado

- Solo 0,11 m³/s de aguas servidas rurales posee sistema de alcantarillado y tratamiento adecuado para su reúso en el corto a mediano plazo.
- Nro. de personas beneficiadas: 262.456.

Inversión Referencial

- 9,326,411,903 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.

REÚSO DE EMISARIOS SUBMARINOS

Meta 18:

100% de los caudales de emisarios submarinos son tratados y reusados, siendo destinadas a proyectos con beneficio social y ambiental.

Conjunto de soluciones

- Reúso de aguas residuales urbanas en emisarios submarinos.

Actores

SISS.

Apoyo: Municipalidades, Gobiernos Residuales, Empresas Sanitarias y privados.

Indicador

$$\frac{m^3/s \text{ de agua reusada implementada}}{m^3/s \text{ potenciales de reúso en la cuenca}} \times 100 = XX\%$$

- 0,2 m³/s de agua descargada por emisarios submarinos (ESVAL, San Antonio), con potencial de reúso.

Impacto Esperado

- El riego de 1000 ha agrícolas (en base a alfalfa con riego tecnificado).

Inversión Referencial

- 5,754,546 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.

3

Cuenca del
río Maule

DIAGNÓSTICO /RADIOGRAFÍA

RESULTADOS MAIPO

Brecha Hídrica

Curva de Abatimiento

Estudio complementario

Ruta del Agua:

Fluyendo hacia la Seguridad Hídrica
del río Maule**EL MAULE DESAFIADO POR
EL CAMBIO CLIMÁTICO**

El río Maule nace en el extremo norponiente de la laguna del Maule, a partir de la unión de los ríos Puelche y el Melado. Los ríos generados en la cordillera de Los Andes van paralelos al río Maule y son captados por el río Loncomilla, que drena toda la cuenca sur (ríos Achibueno, Longaví y Perquillauquén) y por el Claro, que colecta las aguas del sector norte (estero Pangue y el río Lircay). A 90 km de su origen, el Maule ingresa a la llanura aluvial central hasta la cordillera de la costa, donde se une al río Claro, que a su vez recoge las aguas del estero Pangue y el río Lircay y luego se mezcla con el Loncomilla cerca de San Javier. A 10 kilómetros de la desembocadura, el río Maule se ensancha en un estuario de casi 900 metros de ancho hasta terminar en la ciudad de Constitución (DGA, 2005).

El río Maule es de régimen marcadamente nival en su zona alta y media, presentando un gran aumento de caudal en los meses de primavera, consecuencia de los deshielos cordilleranos. En la zona baja, posee un régimen pluvial, por lo que presenta crecidas asociadas directamente con las precipitaciones (DGA, 2005). La precipitación anual tiene una alta variabilidad, habiendo años secos y húmedos con una precipitación equivalente al 25% y 180% del promedio anual (INH, 2016).

Ubicada en la zona centro sur del país, esta cuenca destaca por ser una de las zonas que será más afectada por el Cambio Climático, debido a la reducción de

precipitaciones y aumento de temperatura, presentando valores que representan un déficit hídrico importante en toda la región (Galleguillos *et. al.*, 2017). Ver Figura 21.

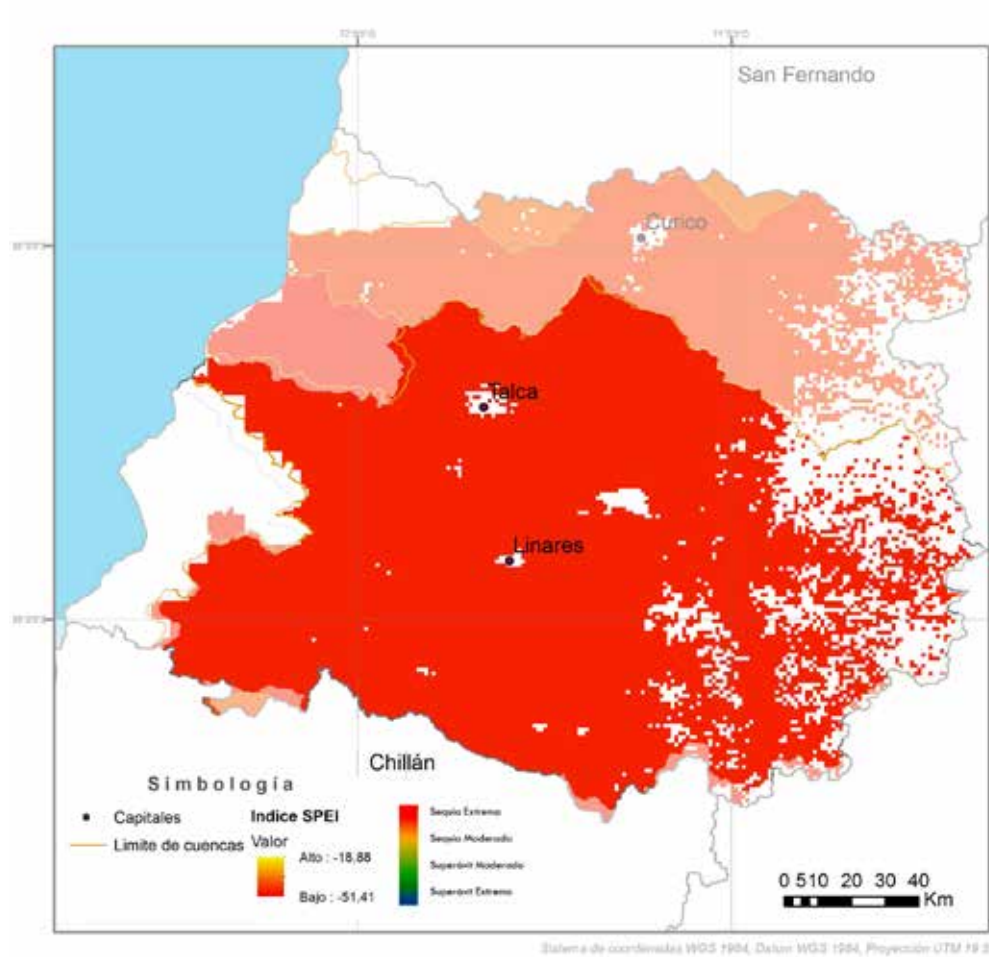
En los últimos años, la cuenca ha sentido los efectos del Cambio Climático, con altas temperaturas durante el verano, precipitaciones escasas y altamente concentradas en un corto período de tiempo, así como la elevación de la isoterma cero, incrementando el riesgo de aluviones, inundaciones y períodos de sequía extrema (EH2030, 2019). Todos estos factores ponen presión al recurso hídrico y en peligro las actividades productivas y el bienestar de la población en general, aumentando la vulnerabilidad actual y futura de la cuenca.

Para determinar la Brecha Hídrica existente en los territorios, se realizó una modelación hidrológica utilizando HydroBID. Con ese objetivo, se identificaron 11 subcuencas vinculadas a las estaciones pluviométricas activas de la Dirección General de Aguas (DGA), las que se encuentran consolidadas en la base de datos del Centro del Clima y la Resiliencia (CR2, s.f.), de modo de mantener un monitoreo periódico en cada territorio específico y representativo en la cuenca (ver ANEXO 3).

Es importante destacar que cada una de las estaciones pluviométricas es representativa de un “área aportante”, que se ubica en la subcuenca aguas arriba. A continuación, se muestran las “áreas aportantes o subcuencas” y las comunas presentes en ellas (Figura 22).

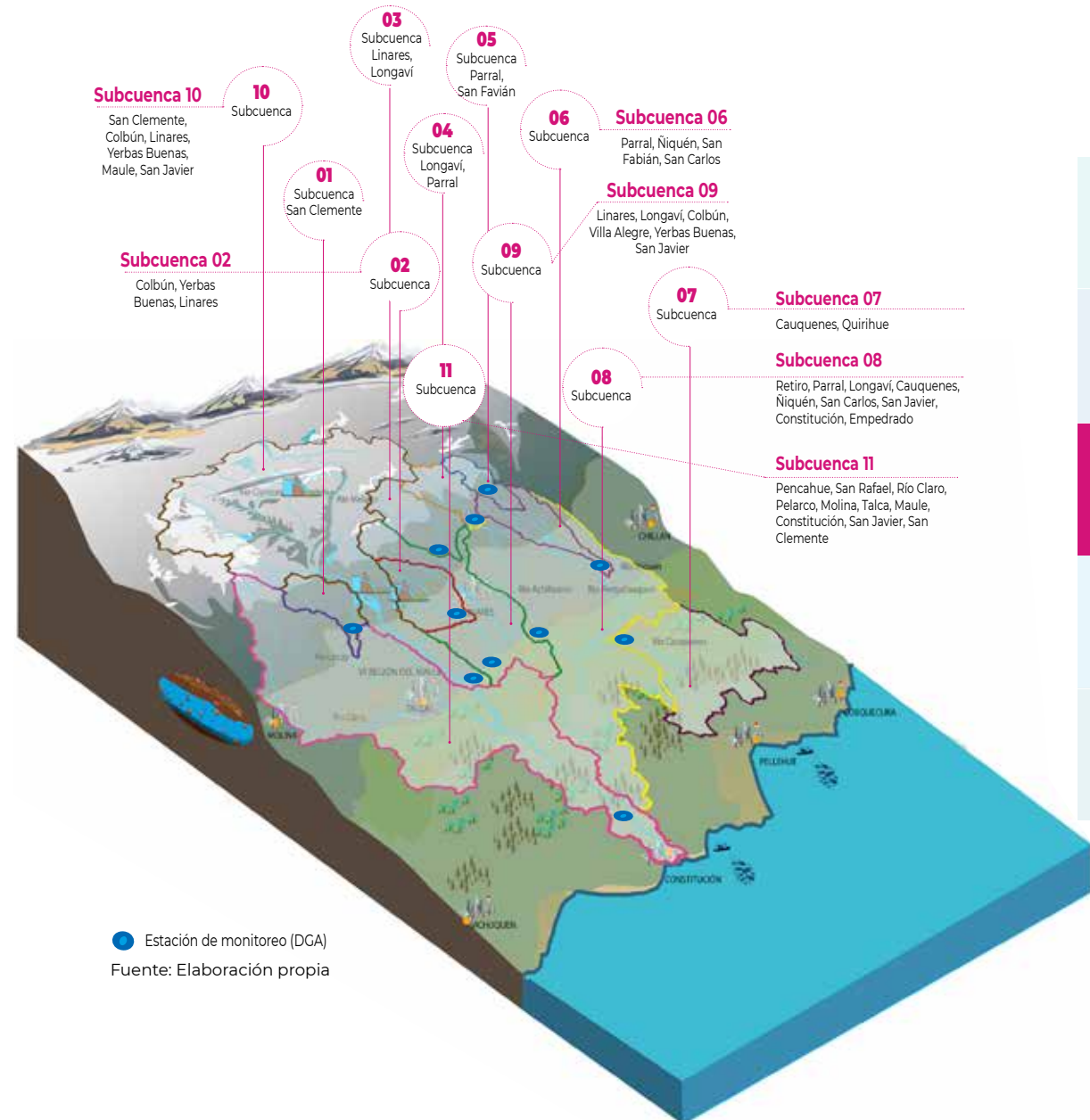
La cuenca del río Maule concentra cerca del 20% de la agricultura y el 15% de las exportaciones del país.

FIGURA 21. ÍNDICE SPEI EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE.



Fuente: Galleguillos et. al., 2017. Estudio elaborado para EH2030.

FIGURA 22. MAPA DE LAS 11 SUBCUENCAS, COMUNAS Y ESTACIONES DE MONITOREO DE LA CUENCA DEL RÍO MAULE.



Los sectores demandantes de agua en la cuenca del río Maule

La cuenca del río Maule posee diversas actividades usuarias de agua, las que se distribuyen desde la cordillera hasta el mar. La TABLA 10 muestra la oferta superficial y subterránea en cada subcuenca, así como la demanda de 7 sectores usuarios de agua, incluido el medio ambiente. En este último sector, destaca la subcuenca 7 con un déficit de -1,56 m³/s, donde se ubican las comunas

de Cauquenes y Quirihue principalmente. En el resto de las subcuencas, existen períodos de déficit y otros de exceso hídrico, lo que lleva a valores positivos durante el año.

Cabe resaltar que este análisis corresponde a los datos referenciales de cada subcuenca por separado, sin considerar las dinámicas hidrológicas; por lo tanto, no equivale a la Brecha Hídrica, que es establecida a través del Índice de Seguridad Hídrica analizado más adelante.

TABLA 10. OFERTA Y DEMANDA POR SUBCUENCA EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE.

Cuenca del Maipo	Oferta (m³/s)		Demandas (m³/s)						
	Superficial	Subterránea	Sector Pecuário	Sector Agrícola	Sector Doméstico	Sector Energía	Sector Minería	Sector Industrial	Caudal ecológico (m³/s)
Subcuenca 1	10,34	0,16	0	0,69	0	0	0	0	6,09
Subcuenca 2	19,65	0,59	0	3,22	0,02	0,23	0,02	0	4,94
Subcuenca 3	34,3	0,42	0	4,09	0,11	0	0	0	22,05
Subcuenca 4	29,3	0,42	0	2,97	0,02	0	0	0	23,55
Subcuenca 5	19,12	0,2	0	1,66	0,01	0	0	0	14,14
Subcuenca 6	30,34	0,55	0	6,74	0,03	0	0	0	8
Subcuenca 7	2,79	1,35	0	1,36	0,06	0	0	0	4,28
Subcuenca 8	98,28	6,02	0,03	34,44	0,26	0	0	0,03	19,5
Subcuenca 9	181,83	8,85	0,03	51,98	0,53	0,27	0,03	0,03	51,3
Subcuenca 10	178,51	9,15	0,01	11,98	0,07	1,67	0,01	0	29,7
Subcuenca 11	392,3	22,62	0,05	90,07	1,23	1,94	0,04	0,08	114,57

El bosque nativo en retroceso

“Análisis del estado actual de los ecosistemas terrestres asociados a la cuenca del Maule” es el estudio del académico Patricio Plissock (2020) para Escenarios Hídricos 2030 (ANEXO 4), que tuvo por objetivo cuantificar el cambio de uso de suelo en un periodo de 20 años (1995-2016), así como identificar zonas prioritarias de acuerdo con su grado de pérdida en el periodo de estudio. También registró la presencia de elementos relevantes de biodiversidad que aportan al ciclo hidrológico en los territorios.

En la cuenca del río Maule se identifican seis ecosistemas, los que son definidos a partir de la vegetación dominante (Luebert & Plissock, 2017):

- Bosque caducifolio costero
- Bosque esclerófilo
- Bosque caducifolio andino
- Bosque espinoso interior
- Herbazal andino
- Matorral andino.

Los resultados del análisis de los ecosistemas en el río Maule, dan cuenta de niveles de pérdida histórica muy elevados, especialmente en la zona costera e interior.

El **bosque caducifolio costero** ha cedido más del 80% de su superficie histórica, con una pérdida de más del 36% de su superficie remanente en la cuenca en los últimos 20 años.

Los **bosques esclerófilos y espinosos** han retrocedido en más del 70% de su superficie histórica, lo que da cuenta del alto grado de perturbación antrópica en la cuenca.

Asimismo, para completar un complejo cuadro para los ecosistemas, la vegetación

boscosa ripariana ha disminuido en sectores medios de la cuenca debido a la expansión agrícola, afectando a más de 3.000 hectáreas en el bosque espinoso interior de la cuenca.

Los cambios en el uso de suelo agrícola en la cuenca son mínimos dentro del periodo de análisis. Las comunas que muestran más expansión agrícola son las de Cauquenes (7,6%) y Retiro (7,0%). En ambos casos, la agricultura se expandió en áreas de bosque espinoso interior.

Los cambios en el uso de suelo forestal en la cuenca se evidencian especialmente en las comunas del sector de la cordillera de la costa de la cuenca: Cauquenes (27,9%); Pehuenhue (27,3%); Empedrado (25,5%) y Quirihue (33,4%). El aumento de la superficie de plantaciones forestales en la zona costera es relevante por potenciales incendios forestales y por la disminución y alteración que provocan en ecosistemas considerados En Peligro Crítico (Plissock *et al.* 2017).

El bosque caducifolio costero ha tenido una pérdida de más del 36% de su superficie remanente en los últimos 20 años.

(Plissock, 2020).

Los resultados del cambio de uso del suelo por ecosistema para los dos periodos analizados (1995 al 2016), son presentados en las Figura 23 y Figura 24 respectivamente.

FIGURA 23. USOS DE SUELO 1995 / 2016 EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE

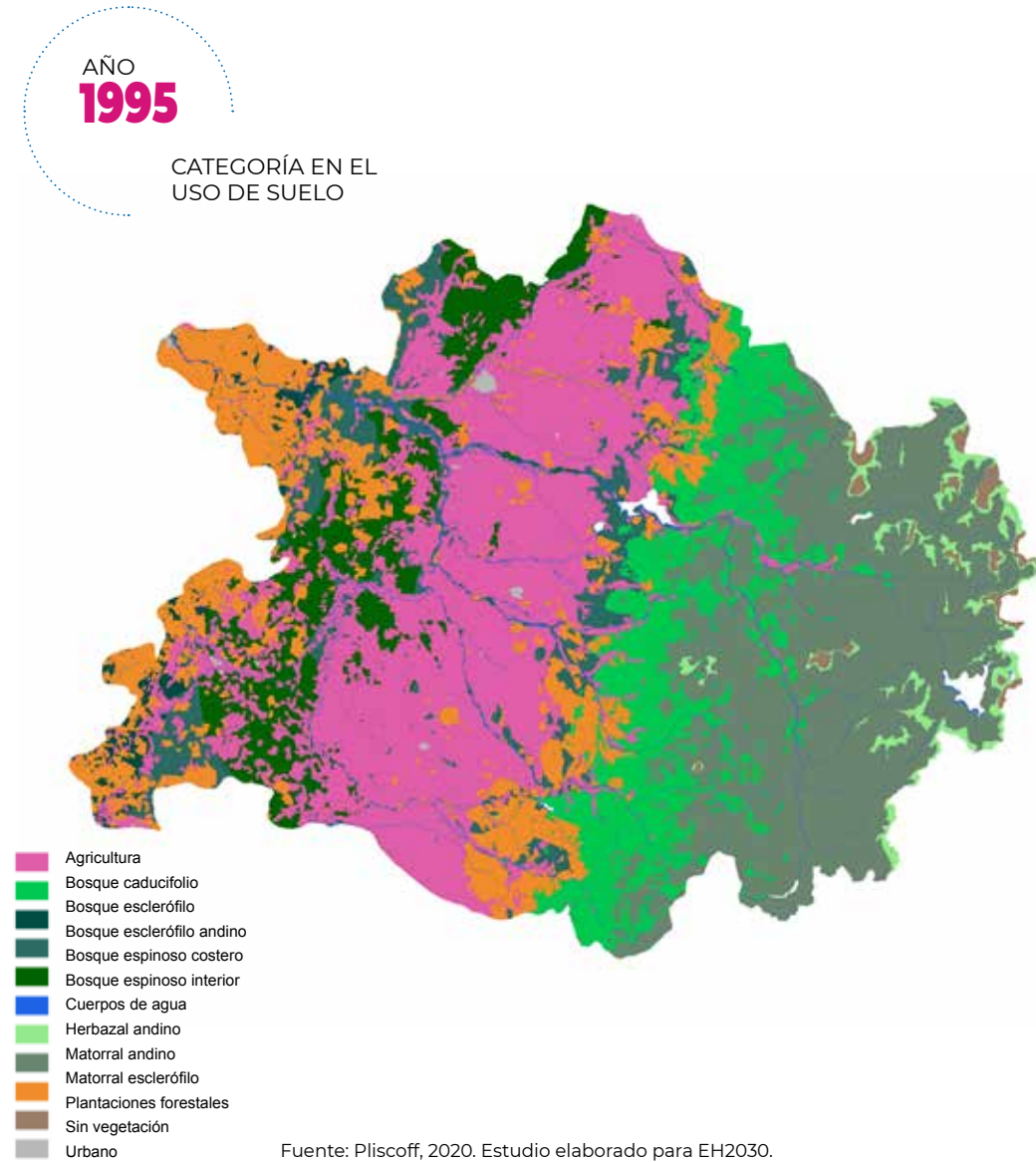
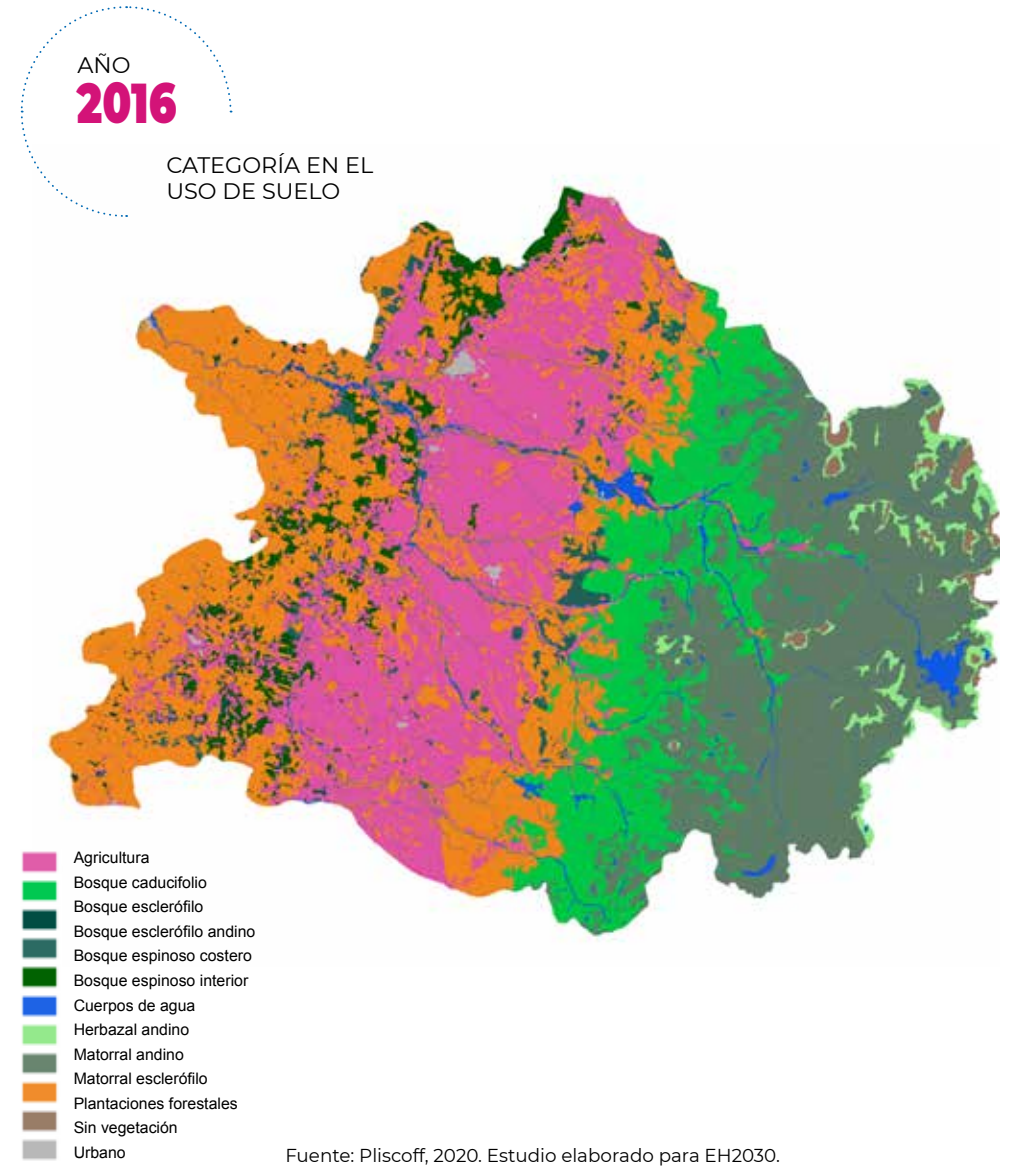
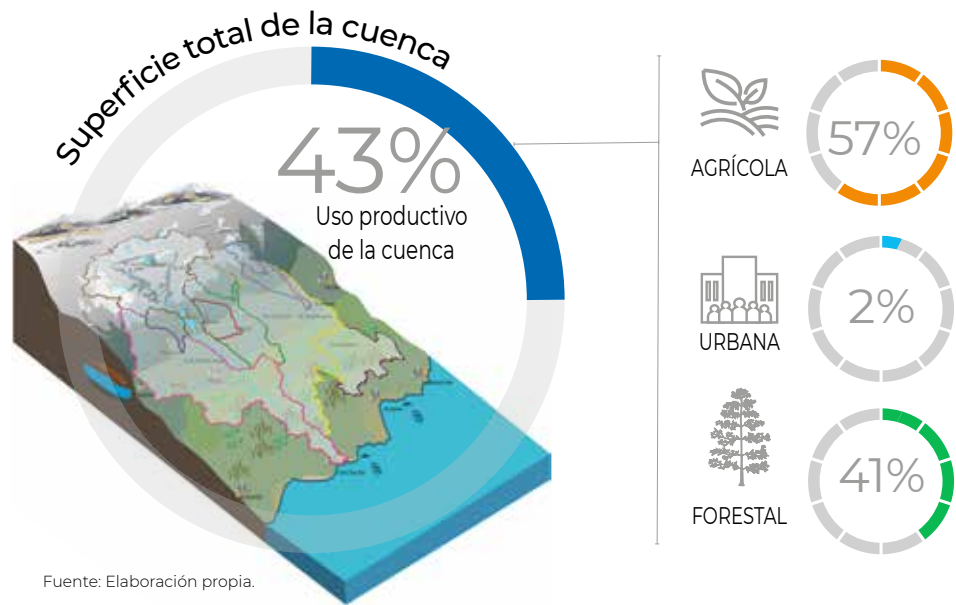


FIGURA 24. USOS DE SUELO 2016 EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE

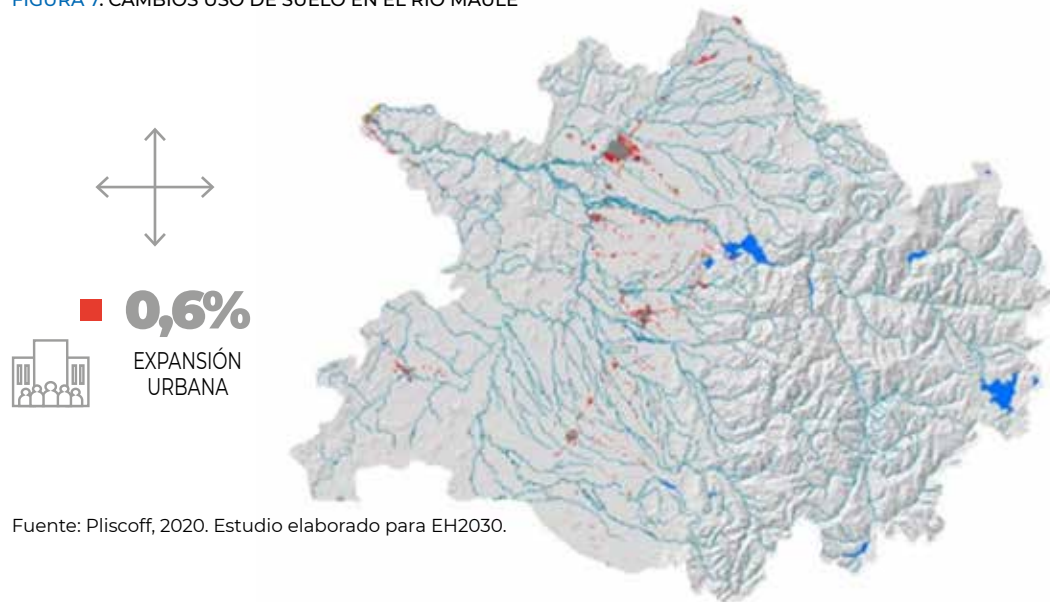




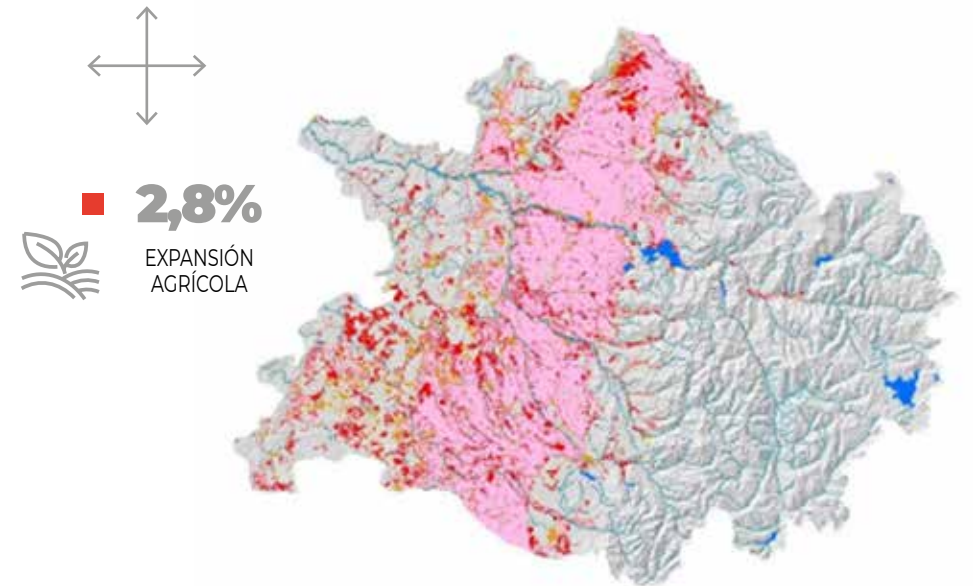
Fuente: Elaboración propia.

En los últimos 20 años, la superficie total de la cuenca muestra un cambio en el uso de suelo del 13,2%, que se distribuye en 0,6% expansión urbana; 2,8% agrícola y 9,8% forestal.

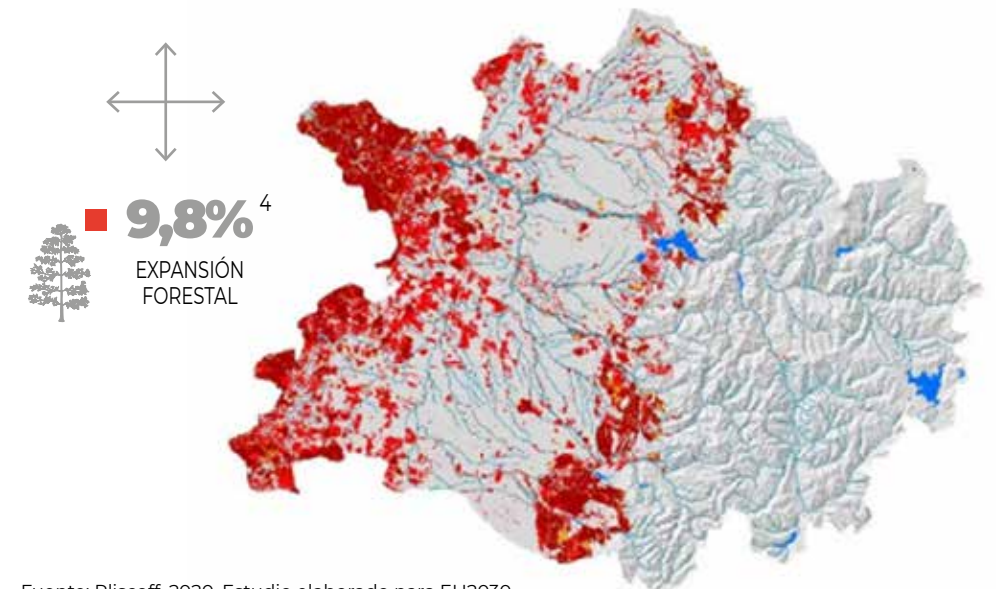
FIGURA 7. CAMBIOS USO DE SUELO EN EL RÍO MAULE



Fuente: Pliscoff, 2020. Estudio elaborado para EH2030.



Fuente: Pliscoff, 2020. Estudio elaborado para EH2030.



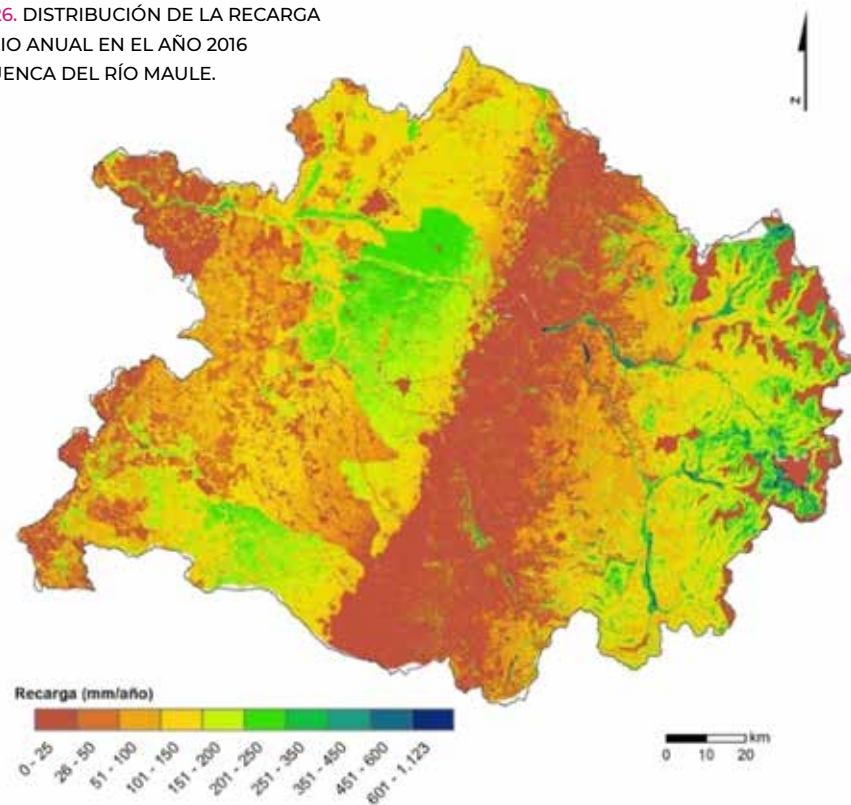
Fuente: Pliscoff, 2020. Estudio elaborado para EH2030.

4. CORMA ha hecho ver que desde el 2004 entró en vigencia la Ley de Bosque Nativo que impide todo reemplazo de bosque nativo, abarcando el 60% del periodo de estudio.

Reducción en la recarga de acuíferos

La aplicación del modelo WetSpass, realizado por Nascimento y Barreira (2020), busca obtener un mapa de la distribución espacial de la recarga de acuíferos y determinar el volumen de recarga hídrica anual en los territorios. Asimismo, considera los riesgos de contaminación en la recarga de los acuíferos, aplicando un Índice de Susceptibilidad (IS).

FIGURA 26. DISTRIBUCIÓN DE LA RECARGA PROMEDIO ANUAL EN EL AÑO 2016 EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE.



Fuente: Nascimento y Barreiras, 2021. Estudio elaborado para EH2030.

La recarga de acuíferos promedio en la cuenca es cercana a 47 m³/s para el año 2016.

El 26% de la superficie de la cuenca contribuye con un 55% de la recarga natural total.

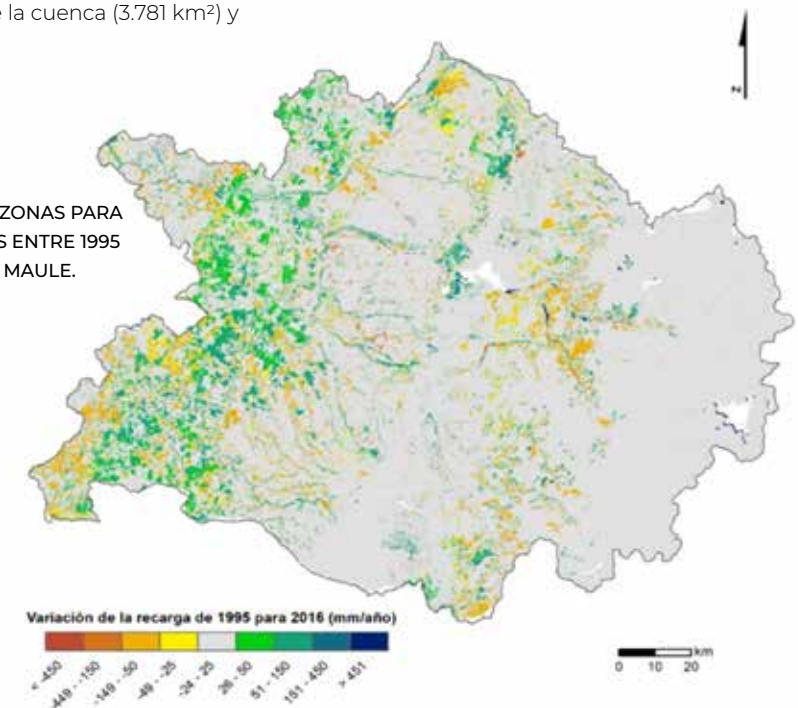
(Nascimento y Barreira, 2021)

Las áreas preferenciales de recarga son las que tienen mayor aporte de agua por alta precipitación y baja evapotranspiración (601-1.123 mm/año), ubicadas principalmente en el área central y suroeste de la cuenca, donde la pendiente es más suave y el tipo de suelo favorece la infiltración, coincidiendo con terrenos agrícolas, como muestra la Figura 26 (colores azulados y verdes), ocupando el 26% de la superficie de la cuenca (3.781 km²) y

contribuyen con un 55% de la recarga total. La zona de colores más naranjas indica que hay una baja capacidad de infiltración y recarga a los acuíferos, por presencia de suelos poco desarrollados y con una pendiente pronunciada. La comparación entre los valores de recarga de 1995 y de 2016 se presenta en la Figura 27. Si se observan las variaciones más importantes (rango de <-450 a -50 mm/año, de la Figura 27), se verifica una disminución de la recarga en la zona oeste, causada por la transformación del uso del suelo en plantaciones forestales. Esto podría indicar que las plantaciones forestales del tipo pinos y/o eucaliptos proporcionan condiciones que disminuyen la infiltración en esta área. Según el modelo, la disminución asociada a este cambio alcanzaría los -449 mm de recarga. (Nascimento y Barreiras, 2021)⁵.

FIGURA 27. PÉRDIDA DE ZONAS PARA RECARGA DE ACUÍFEROS ENTRE 1995 A 2016, CUENCA DEL RÍO MAULE.

Fuente: Nascimento y Barreiras, 2021. Estudio elaborado para EH2030.



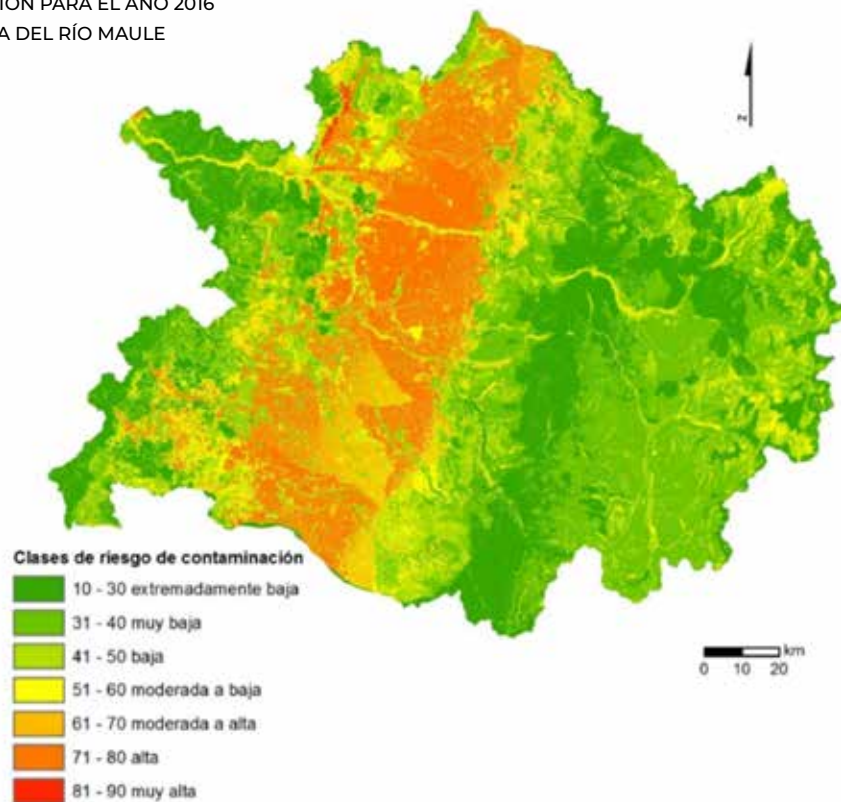
5. CORMA no está de acuerdo con estas conclusiones, ya que el informe original de Nascimento y Barreira, 2021, figura 37, muestra que la frase de la reducción de 450 mm o más, aplicaría sólo a un 0.012% de la superficie del estudio, sin especificar su ubicación, ni condición de sitio que demuestre si eso se explica por el tipo de suelo o por su cobertura. Por lo demás, existen otros informes que describen escenarios distintos (Pizarro, R., Valdés-Pineda, R., García-Chevesich, P. A., Ibáñez, A., Pino, J., Scott, D. F., ... & Ubilla, P. (2022). The Large-Scale Effect of Forest Cover on Long-Term Streamflow Variations in Mediterranean Catchments of Central Chile. Sustainability, 14(8), 4443.

Respecto a la aplicación del Índice de Susceptibilidad en la recarga de agua que analiza el riesgo de contaminación del acuífero en zonas de alta recarga, se observan dos zonas principalmente: una con riesgo mayor en el área central y otra con riesgo menor hacia el este y el oeste de la cuenca. Se trata de un área especialmente condicionada por la presencia de terrenos agrícolas poco inclinados, con una composición arenosa significativa, donde -además- la profundidad del nivel piezométrico oscila entre 10 y 20 m, como se muestra en la Figura 28, en colores rojos, naranjas y amarillos.

Existen 13% más derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas otorgados que la capacidad de recarga natural de los acuíferos.

(Nascimento & Barreiras, 2021).

FIGURA 28. MAPA DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA EL AÑO DE 2016 EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE



Fuente: Nascimento y Barreiras, 2021. Estudio elaborado para EH2030.

EL “VIAJE” DEL MAULE AL FUTURO

Brecha hídrica/ Índice de Seguridad Hídrica (ISH)

Para poder determinar las metas y el conjunto de soluciones requeridas para lograr la Seguridad Hídrica en la cuenca, se debe estimar la cantidad de agua que falta para satisfacer la demanda actual en el territorio (Brecha Hídrica).

Para ello, se construyó un Índice de Seguridad Hídrica (ISH), que corresponde a un valor numérico que busca aproximar e identificar cuánta es el agua que se necesita para asegurar el suministro para los distintos usos (demandas), incluyendo el ecológico y ambiental, en un determinado tiempo y espacio territorial de una cuenca

hidrográfica. Cuando el ISH tiene valores negativos, indica que la oferta o disponibilidad de agua es inferior a las demandas.

Asimismo, el ISH permite identificar los meses y lugares en que la cuenca cuenta con excedentes de agua; es decir, cuando la oferta es mayor a las demandas, lo cual podría permitir utilizar estos excedentes en momentos y lugares que presentan brecha.

Dentro de las demandas, además de los usos productivos, se considera también el caudal ecológico en el río y, cuando aplica, un caudal mínimo asociado a la ecología del estuario. Mientras que, en la oferta, se consideran los caudales superficiales del río y aguas subterráneas; estas últimas estimadas a través del modelo WetSpss, estableciendo un uso sustentable correspondiente al 35% de la recarga total de los acuíferos por infiltración natural (Nascimento y Barreira, 2021).



Foto: Claudia Galleguillos C./ Laguna Amargo, cuenca del río Maule.

Índice de Seguridad Hídrica histórico (1990-2018): Marcada estacionalidad

La Brecha Hídrica histórica es calculada a partir del caudal con probabilidad de excedencia del 85%, respecto a los caudales simulados para el periodo histórico 1990-2018 (varía según nodo de calibración).

Cabe destacar que la estación 11 se ubica en la zona intermedia y desembocadura de la cuenca, que considera diferentes usos y demandas productivas, incluyendo el caudal ecológico y ambiental requerido por la zona estuarina para mantener este frágil y productivo ecosistema, controlando así la intrusión salina aguas arriba del estuario, donde el ecosistema está adaptado a condiciones de agua dulce.

Las Figura 29 y Figura 30 muestran la distribución territorial de la Brecha Hídrica histórica por diferentes períodos del año,

considerando el ISH más crítico, que se concentra en las subcuencas más cercanas a la costa. Es importante destacar que la subcuenca 11 es la que presenta mayor Brecha Hídrica en el mes de enero, considerando que es la zona que recibe todos los impactos generados en las subcuencas ubicadas aguas arriba. En general, el ISH muestra que es una cuenca que posee una Brecha Hídrica estacional, concentrada principalmente entre los meses de diciembre y febrero.

Las subcuencas 4 y 5 cercanas a la cordillera, al sur de la cuenca, presentan brechas permanentes casi todo el año (11 meses), que se acentúa en los meses de diciembre a febrero.

Ambas figuras mencionadas comparan los periodos históricos (1990-2018) de abril-septiembre y octubre-marzo, mostrando una Brecha Hídrica crítica en primavera/verano, debido a las bajas precipitaciones y el gran aumento en la demanda de agua.

La Brecha Hídrica histórica en la cuenca del río Maule va desde -1,06 m³/s (subcuenca 3, mes de abril) hasta -265,76 m³/s (subcuenca 11, mes de enero).

TABLA 11. ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA HISTÓRICO (1990-2018) EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE.

■ Seguridad Hídrica. Agua disponible para ser almacenada. ■ Cubre necesidades de la subcuenca, pero está afectando a usuarios aguas abajo. ■ Cubre caudal ecológico pero afecta la demanda aguas arriba. ■ Efecto en el caudal ecológico.

Histórico	Índice de Seguridad Hídrica Final (m³/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Subcuenca 1	-5,81	-4,39	-2,14	-0,32	1,22	4,47	5,48	5,80	0,79	1,77	-1,99	-4,05
Subcuenca 2	11,99	17,14	18,36	16,53	11,75	6,43	1,97	4,23	6,62	7,34	12,24	16,57
Subcuenca 3	-33,37	-21,77	-7,46	-1,06	0,39	1,45	1,52	3,03	-3,89	-9,83	-27,23	-32,69
Subcuenca 4	-32,27	-19,79	-3,32	0,46	-4,35	-11,45	-10,87	-14,41	-18,12	-12,85	-20,52	-26,20
Subcuenca 5	-11,23	-8,00	-2,43	-0,76	0,13	-5,25	-8,62	-7,65	-7,59	-6,96	-10,27	-10,85
Subcuenca 6	-31,03	-10,00	6,09	5,41	6,27	30,33	29,37	20,10	9,78	0,39	-12,97	-25,35
Subcuenca 7	-6,19	-3,58	-0,85	2,00	1,42	7,09	-0,26	0,96	4,86	4,52	-0,31	-3,45
Subcuenca 8	-124,89	-63,80	2,50	22,30	24,76	129,02	121,35	128,05	120,32	64,54	-20,97	-88,31
Subcuenca 9	-174,02	-80,99	21,82	55,22	52,44	162,10	155,77	170,13	141,78	84,76	-25,63	-115,70
Subcuenca 10	-29,33	-23,90	-0,70	47,86	74,29	52,41	20,29	45,48	76,65	48,25	11,59	-17,17
Subcuenca 11	-265,76	-143,75	-3,00	119,08	135,57	304,97	213,35	224,07	275,16	142,02	-40,87	-176,96

FIGURA 29. BRECHA HÍDRICA HISTÓRICA (1990-2018) EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE, CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.

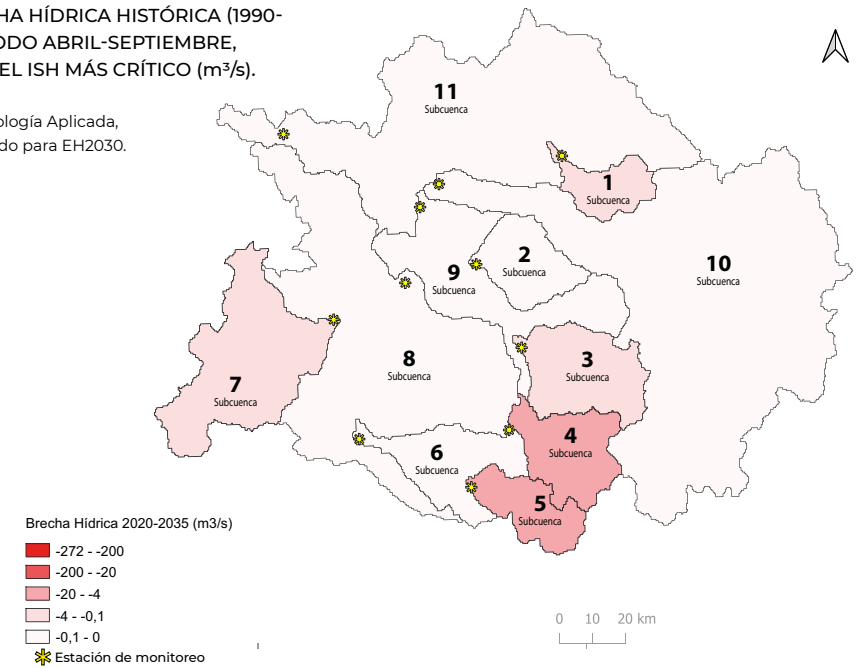
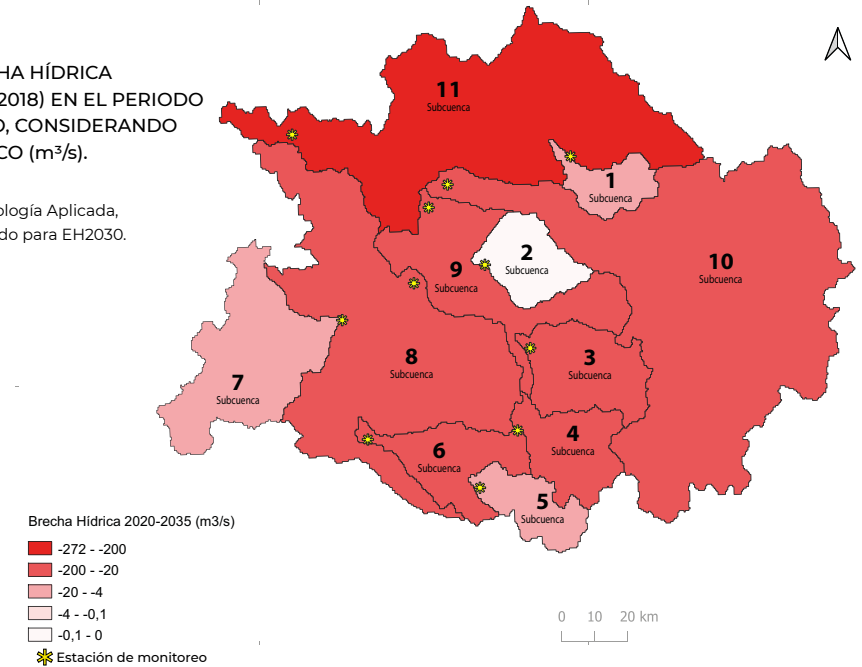


FIGURA 30. BRECHA HÍDRICA HISTÓRICA (1990-2018) EN EL PERIODO OCTUBRE-MARZO, CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.



Índice de Seguridad Hídrica (2020 - 2035): aumenta la oferta temporal por efecto del Cambio Climático

Las Figura 31 y Figura 32 muestran la distribución territorial de la Brecha Hídrica entre 2020 a 2035 por períodos del año, considerando que el ISH más crítico se concentra en las subcuencas intermedias y cercanas a la costa, coincidiendo con los usos agrícolas y forestales, principalmente.

Ambas figuras comparan los periodos históricos de abril-septiembre y octubre-marzo, mostrando que el segundo periodo presenta Brechas Hídricas críticas, debido a las bajas precipitaciones y la alta demanda de agua.

Al realizar la comparación con el ISH histórico, se puede observar que hay una disminución de las Brechas Hídricas por el aumento en el agua disponible. Esto podría ser explicado por un cambio en el régimen de precipitaciones, derretimiento de glaciares o deshielos, debido al aumento de la temperatura por efecto del Cambio Climático. Se recomienda el control de la demanda de agua durante este período.

La Brecha Hídrica proyectada al 2035 en la cuenca del río Maule va desde -2,68 m³/s (subcuenca 7, mes de junio) hasta -219,16 m³/s (subcuenca 11, mes de enero).

TABLA 12. ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA PROYECTADO AL 2035 EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE.

■ Seguridad Hídrica. Agua disponible para ser almacenada. ■ Cubre necesidades de la subcuenca, pero está afectando a usuarios aguas abajo. ■ Cubre caudal ecológico pero afecta la demanda aguas arriba. ■ Efecto en el caudal ecológico.

Ddas. Constantes	ISH Final (m³/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Subcuenca 1	-4,49	-3,58	-1,63	0,19	4,45	8,09	12,85	13,25	7,15	7,30	1,28	-1,60
Subcuenca 2	13,17	15,25	13,91	12,70	8,47	0,38	1,18	4,78	10,34	18,10	21,10	19,28
Subcuenca 3	-27,79	-17,61	-5,05	4,60	22,01	41,28	38,96	39,22	19,55	10,70	-13,26	-22,36
Subcuenca 4	-25,09	-14,18	-0,01	4,54	12,64	14,51	18,10	18,42	8,55	8,84	-4,44	-13,03
Subcuenca 5	-9,64	-6,79	-1,51	3,63	15,07	14,50	11,52	9,85	4,29	1,92	-4,82	-7,48
Subcuenca 6	-30,69	-0,31	10,04	10,24	31,94	60,50	54,06	41,33	20,88	9,16	-7,67	-21,96
Subcuenca 7	-7,95	-4,82	-1,05	2,17	1,08	-2,68	-4,63	-3,55	0,72	0,50	-3,53	-6,55
Subcuenca 8	-123,84	-53,88	8,11	29,16	64,96	138,01	160,02	157,83	140,30	79,99	-10,39	-79,25
Subcuenca 9	-162,82	-63,47	28,89	64,51	117,67	220,15	222,46	222,30	188,86	132,55	4,75	-91,10
Subcuenca 10	39,61	25,26	39,03	76,04	140,91	215,04	247,66	323,25	318,44	211,90	125,10	91,80
Subcuenca 11	-219,16	-113,47	19,25	134,07	233,20	428,28	502,48	551,77	524,86	340,41	75,04	-91,57

FIGURA 31. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE, PROYECTADA AL AÑO 2020-2035 CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.

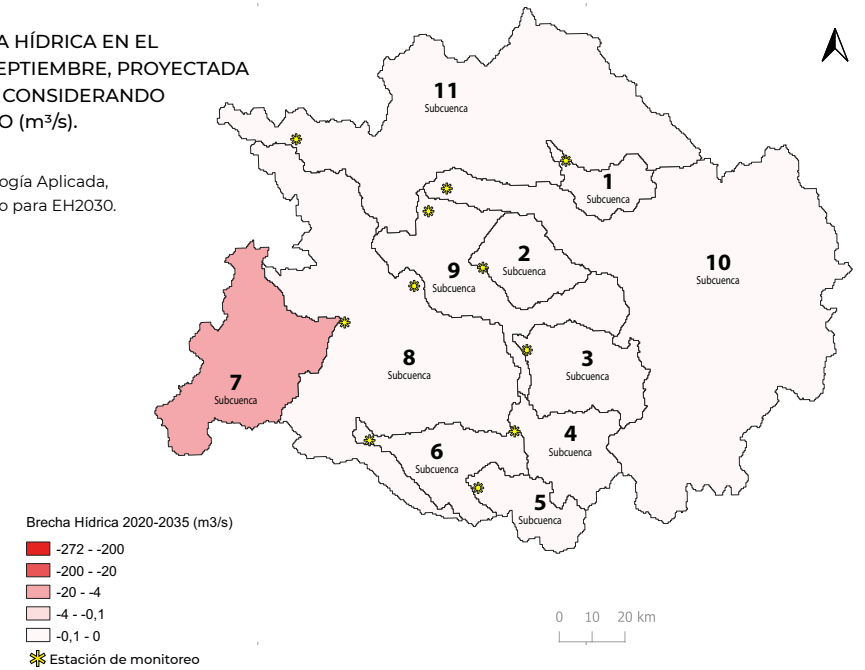
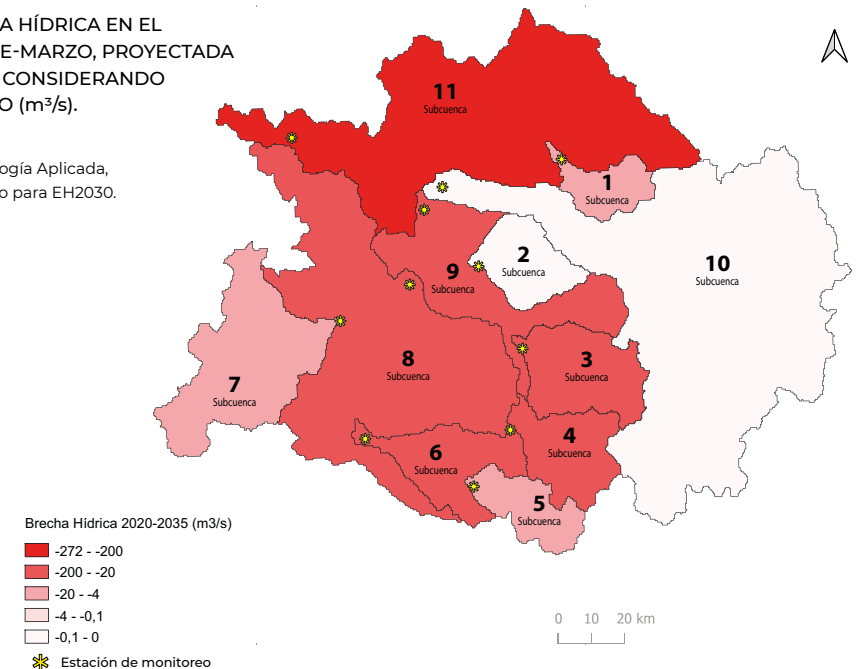


FIGURA 32. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO OCTUBRE-MARZO, PROYECTADA AL AÑO 2020-2035 CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.



Índice de Seguridad Hídrica (2020 - 2035): Brecha Hídrica estacional se hace más crítica

Para proyectar el Índice de Seguridad Hídrica del 2035 al 2050, el cálculo se hace a partir del caudal con probabilidad de excedencia del 85%, considerando los efectos del Cambio Climático en "Escenario 8.5"⁶ y suponiendo que la demanda potencial se mantiene sin modificaciones; o sea, se considera mantener la actual demanda sin crecimiento futuro.

Para poder realizar una estimación futura de la Brecha Hídrica se utilizaron escenarios de Cambio Climático que permitan proyectar las condiciones meteorológicas de precipitación y temperatura para el periodo 2020-2050. Para ello, se analizaron los resultados de simulaciones de precipitación en las cuencas del Maule desarrolladas por el Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia utilizando el modelo CR2-RegCM4 (CR2, 2018).

Las Figura 33 y Figura 34 muestran la distribución territorial de la Brecha Hídrica proyectada de 2035 al 2050, considerando el ISH más crítico

que continúa concentrándose en las subcuencas intermedias y cercanas a la costa, pudiendo tener un efecto en los caudales ecológicos entre los meses de noviembre a marzo, principalmente.

Si se realiza un análisis por "temporalidad", se puede destacar que en la cuenca de Maule existen Brechas Hídricas temporales en casi todas las subcuencas, concentrando los valores críticos entre los meses de noviembre y marzo, con excepción de la subcuenca 2 y 10 que se mantienen con buenos índices de Seguridad Hídrica casi todo el año.

La dinámica que se ejerce durante los meses de noviembre a marzo en la cuenca podría tener efectos no estudiados en los ecosistemas de agua dulce y en la dinámica del estuario (intrusión salina), dado que coincide con la época reproductiva de especies marinas y estuarinas, algunas con importante valor comercial y fundamentales para la sustentabilidad de caletas y pesquerías.

Es importante destacar que en el escenario 2050, la Brecha Hídrica se hace más crítica que en el escenario histórico, manteniendo la temporalidad entre noviembre y marzo.

La Brecha Hídrica proyectada al 2050 en la cuenca del río Maule, va desde -0,04 m³/s (subcuenca 1, mes de abril) hasta -271,54 m³/s (subcuenca 11, mes de enero).

TABLA 13. ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA PROYECTADO AL 2050 EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE.

2035-2050	ISH Final (m ³ /s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Subcuenca 1	-4,66	-4,13	-1,87	-0,04	2,72	7,99	13,73	15,93	7,36	6,90	1,08	-1,94
Subcuenca 2	11,36	13,71	12,69	11,67	7,54	-0,63	1,39	6,83	10,36	18,25	21,33	19,35
Subcuenca 3	-30,04	-19,06	-4,90	2,37	20,16	43,95	38,46	49,67	16,45	11,32	-13,62	-23,44
Subcuenca 4	-28,24	-16,35	-0,73	3,98	8,99	16,89	20,35	26,14	8,72	9,81	-4,85	-13,81
Subcuenca 5	-9,77	-6,81	-1,22	3,37	14,15	17,32	12,74	15,77	3,86	2,71	-4,79	-8,02
Subcuenca 6	-30,17	-1,43	8,84	8,16	27,84	65,01	53,46	52,42	18,59	10,12	-8,11	-22,51
Subcuenca 7	-7,62	-4,36	-0,97	2,33	1,12	-2,57	-3,33	-0,63	2,45	1,37	-2,99	-6,21
Subcuenca 8	-128,54	-62,56	5,19	25,22	49,59	147,22	173,55	189,55	141,97	86,08	-10,14	-79,82
Subcuenca 9	-173,68	-77,60	29,53	63,12	97,69	234,32	238,77	278,91	190,05	139,33	7,38	-94,33
Subcuenca 10	2,92	-3,89	10,33	44,42	93,25	165,30	243,45	356,77	350,90	230,73	131,33	87,66
Subcuenca 11	-271,54	-158,28	-11,19	106,24	165,33	375,70	535,98	652,34	555,30	363,78	76,93	-104,49

6. El Escenario 8,5 fue recomendado por el Comité Técnico de EH2030, conformado por de expertos nacionales.

FIGURA 33. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO ABRIL-SEPTIEMBRE, PROYECTADA AL AÑO 2035-2050 CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.

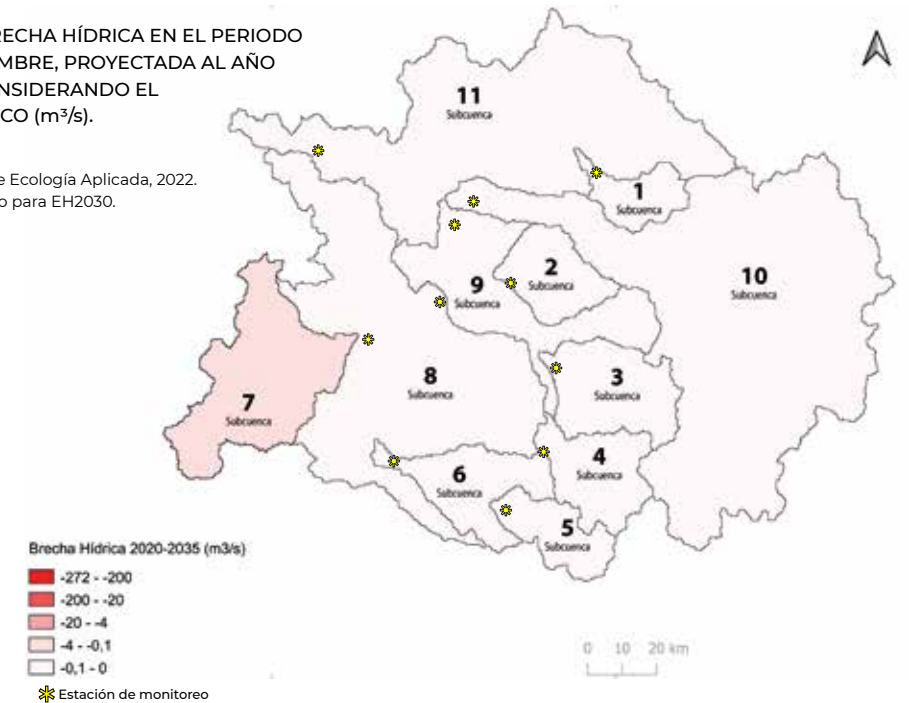
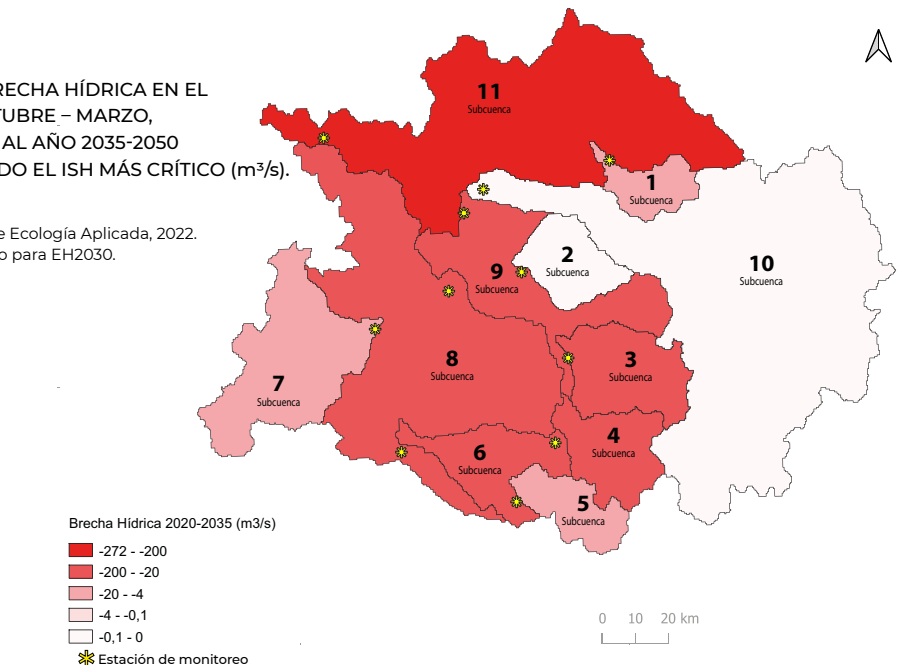


FIGURA 34. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO OCTUBRE - MARZO, PROYECTADA AL AÑO 2035-2050 CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO (m³/s).

Fuente: Centro de Ecología Aplicada, 2022. Estudio elaborado para EH2030.



TRANSFORMANDO EL FUTURO CON MEDIDAS, ACCIONES Y SOLUCIONES (MAS)

Para la cuenca del Maule se seleccionaron colectivamente un conjunto de 63 soluciones (Ver TABLA 14).

Al incorporar este conjunto de soluciones en el ISH proyectado al 2050, según las capacidades potenciales del territorio, podemos visualizar los resultados que se obtienen en cada una de las subcuencas y su temporalidad en la TABLA 14.

Al comparar la Figura 35 con la Figura 36, se puede observar que el aporte volumétrico del conjunto de **MAS** reduce la brecha considerablemente, existiendo una diferencia de acuerdo con su temporalidad, ya que si bien en el periodo abril-septiembre se cubre la brecha en la mayoría de las subcuencas, en el de octubre-marzo, que es el periodo de mayores demandas, hay subcuencas que aún quedan con ciertas brechas.

TABLA 14. ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE PARA EL PERIODO 2035-2050 CON DEMANDA FUTURA CONSTANTE, AGREGANDO LOS APORTES VOLUMÉTRICOS POTENCIALES TERRITORIALES DE LAS MAS DEFINIDAS EN EL PROCESO DE CO-CONSTRUCCIÓN DE EH2030.

■ Seguridad Hídrica. Agua disponible para ser almacenada.
 ■ Cubre necesidades de la subcuenca, pero está afectando a usuarios aguas abajo.
 ■ Cubre caudal ecológico pero afecta la demanda aguas arriba.
 ■ Efecto en el caudal ecológico.

2035-2050	Índice de Seguridad Hídrica Final (m³/s)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Subcuenca 1	0,40	0,36	-0,33	0,34	0,43	5,08	10,82	13,03	6,50	6,19	1,77	-0,30
Subcuenca 2	15,15	16,99	15,03	12,81	6,60	2,93	0,39	4,75	11,50	20,25	24,24	22,90
Subcuenca 3	-15,97	-9,21	-0,84	2,58	16,03	38,52	33,04	44,28	15,81	11,65	-7,02	-13,99
Subcuenca 4	0,00	0,00	0,13	2,32	8,17	13,80	9,71	12,92	3,06	2,56	0,00	0,00
Subcuenca 5	0,00	0,00	0,00	1,89	8,63	10,69	7,12	9,49	2,27	1,83	0,00	0,00
Subcuenca 6	-0,92	8,70	13,50	8,05	19,96	53,57	44,04	41,70	18,24	11,96	3,41	-0,34
Subcuenca 7	-4,03	-2,04	-0,03	0,00	0,00	-1,62	-2,20	-0,11	0,00	0,00	-1,36	-3,51
Subcuenca 8	48,62	26,72	29,75	22,71	32,47	111,67	124,65	132,13	123,31	75,59	26,82	29,80
Subcuenca 9	130,71	54,40	61,78	59,54	66,31	173,60	156,00	181,80	157,53	119,85	61,22	81,29
Subcuenca 10	15,97	9,34	10,77	12,01	57,16	125,61	203,77	317,18	318,45	200,94	104,38	62,70
Subcuenca 11	305,94	122,75	37,32	78,56	98,33	261,29	368,42	489,43	480,17	315,21	129,31	138,01
Brecha (m³/s)	-15,97	-9,21	-0,84	0,00	0,00	-1,62	-2,20	-0,11	0,00	0,00	-7,02	-13,99

Al agregar el aporte potencial del conjunto de soluciones definidas en el proceso de co-construcción territorial de EH2030, la Brecha Hídrica proyectada al 2050 disminuye a un rango entre -0,11 m³/s (Subcuenca 7, mes de

agosto) hasta -15,97 m³/s (Subcuenca 3, mes de enero), mostrando que se logra cubrir la Brecha Hídrica proyectada en casi todas las subcuencas, como muestra la Figura 36.

FIGURA 35. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO OCTUBRE - MARZO, PROYECTADA AL 2050, CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO SIN MAS.

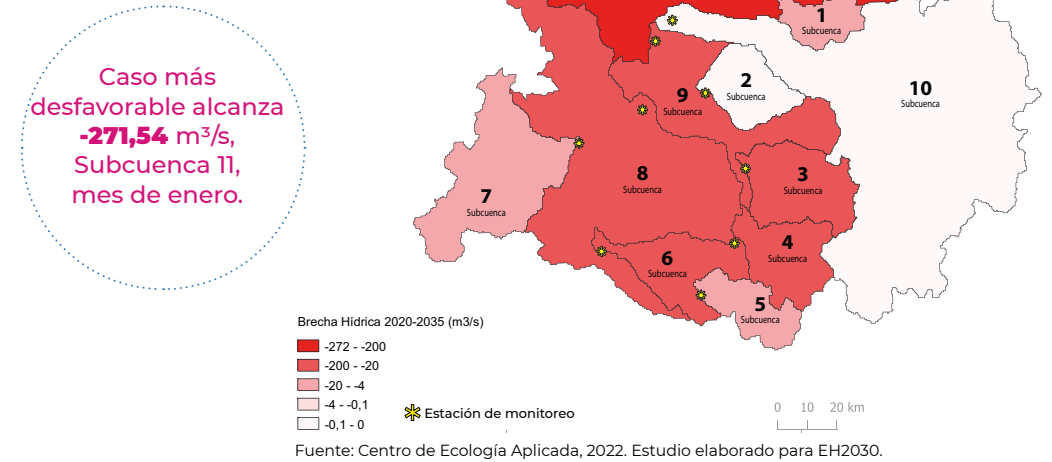
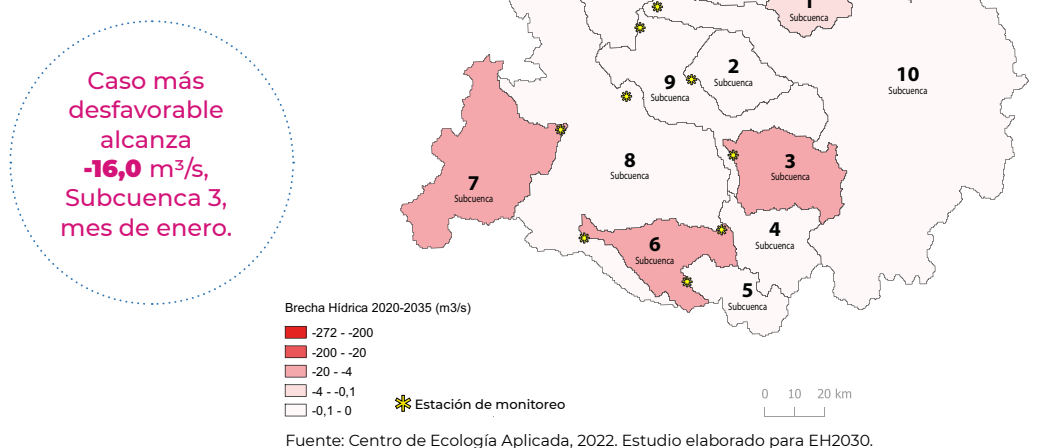


FIGURA 36. BRECHA HÍDRICA EN EL PERIODO OCTUBRE - MARZO, PROYECTADA AL AÑO 2035-2050, CONSIDERANDO EL ISH MÁS CRÍTICO CON APLICACIÓN DE MAS SELECCIONADAS.



En la imagen se muestra la distribución porcentual del agua aportada por el conjunto de soluciones recomendadas para implementar en la cuenca del río Maule, considerando los ejes de la Transición Hídrica.

Cabe destacar que la implementación del conjunto de **MAS** logra cubrir la Brecha Hídrica en varias subcuencas, sin embargo, la subcuenca 7 queda con una Brecha Hídrica de $-15,97 \text{ m}^3/\text{s}$ (TABLA 14), la que

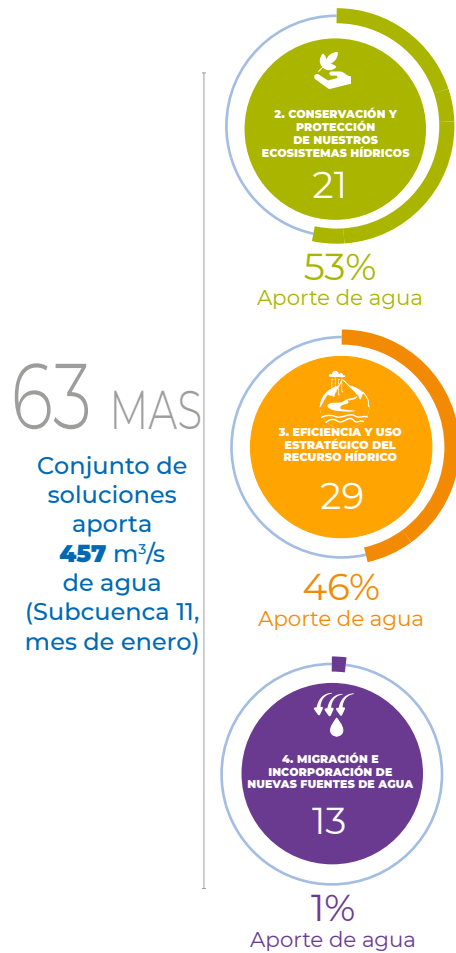
no logra ser cubierta con el conjunto de soluciones implementadas, debido a que no posee excedentes de agua para poder almacenar y cubrir la brecha temporal, o sea, la demanda supera a la oferta en el balance de aguas anual. Debido a esto, es necesario evaluar la posibilidad de incorporar nuevas fuentes de agua en esta subcuenca como: desalación, trasvase desde otra cuenca con agua disponible, junto a una demanda controlada y gestionada adecuadamente.

El **Eje 2** destacan las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) y ancestrales. En este caso, la disponibilidad de precipitaciones hace que las SbN sean altamente eficientes para potenciar la capacidad de recarga de acuíferos que posee el territorio.

Asimismo, se han identificado territorios vulnerables a las inundaciones y deslizamientos de tierra (aluviones)⁶, donde se recomienda utilizar las SbN para su mitigación.

En segundo lugar, se ubican las **MAS** del **Eje 3** cuyo resultado responde a la oportunidad de mejora del riego agrícola que actualmente alcanza un 43,9% de eficiencia en esta cuenca; por lo tanto, *el sector agrícola posee un potencial significativo de contribución, siendo llamados a avanzar en la implementación de tecnologías para reducir sus extracciones de agua desde fuentes naturales superficiales y subterráneas, evitando la ampliación en la superficie de riego y maximizando su producción con el uso de menos agua y menos suelo.*

Respecto al **Eje 4** considera soluciones relacionadas con tratamiento, reúso de aguas tratadas y sistemas de almacenamiento con acumulación local de $9,25 \text{ m}^3/\text{s}$ en la cuenca.



6. Las zonas de aluviones e inundaciones se encuentran en la hoja de ruta, meta N° 4.

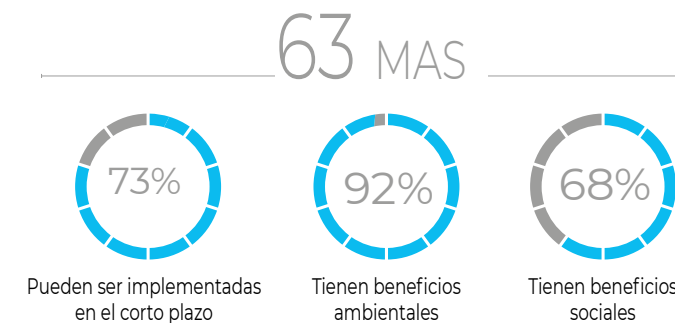
EL IMPACTO DE LAS MAS EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE

La Curva de Abatimiento (CdA) es una gráfica con información que permite identificar el conjunto de soluciones requeridas para abordar los problemas en los territorios, mostrando el impacto que genera cada una de ellas en m^3 de agua y sus costos unitarios, facilitando así la toma de decisiones. Para la construcción de la CdA, fue necesario establecer criterios y/o consideraciones para cada una de las soluciones evaluadas, en base a las capacidades y limitaciones del territorio (por ejemplo, pendientes, usos de suelo, etc.), así como costos referenciales de inversión.

Para el caso de la cuenca del río Maule, el proceso colectivo de EH2030 seleccionó 63 **MAS**, las que se muestran en la TABLA 15.

Las SbN contribuyen con un 53% de agua dentro del conjunto de 63 soluciones seleccionadas para la cuenca del río Maule.

Las 63 soluciones seleccionadas y priorizadas por los territorios se grafican en la CdA, donde se evidencian aquellas que poseen mayor aporte de agua (ver Figura 37). Destacan aquí, las SbN como aquellas soluciones de menor costo, con una contribución de agua importante (53% de aporte al conjunto de soluciones), las que pueden ser implementadas en el corto plazo, posicionándolas como una alternativa costo-eficiente altamente recomendable.



Fuente: EH2030, 2022.

TABLA 15. CONJUNTO DE **MÁS SELECCIONADAS POR LOS TERRITORIOS PARA ABORDAR LA BRECHA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE.**

1	Conservación de humedales naturales
2	Conservación de estuarios
3	Conservación de ríos
4	Conservación de vegas
5	Mallas y lonas de poliuretano para protección de glaciares
6	Conservación de bosques en cabeceras de cuenca
7	Conservación de bosques caducifolios costeros
8	Llanuras de inundación
9	Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas)
10	Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas)
11	Sistema tradicional de captación y almacenamiento de aguas lluvias (Cochas/Q'ochas/Tipishcas/Jagüeyes)
12	Zanjas de infiltración para recolección y almacenamiento de agua lluvia
13	Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad y en lecho de río
14	Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres
15	Recuperación de riberas de ríos para mejorar servicios ecosistémicos
16	Reparación de humedales naturales
17	Reparación de estuarios
18	Reparación de vegas
19	Pavimentos permeables
20	Plazas de agua para recolección de agua lluvia
21	Jardines de lluvia para recolección de agua de escorrentía
22	Mejoramiento y reconstrucción de canales de regadío para evitar pérdidas por infiltración
23	Conducción cerrada de agua
24	Manta de hormigón impermeable para la pérdida por infiltración en el terreno
25	Celdas de polipropileno para la gestión de agua lluvia en forma de drenes
26	Cámaras ADS StormTech® para el control del agua pluvial
27	Riego por goteo áreas verdes y zonas urbanas (85%)
28	Riego subterráneo áreas verdes (90%)
29	Riego mecanizado mayor (aspersión o similar) (75%)
30	Micro riego localizado (goteo, microaspersión, microjet o similar) (85%)
31	Riego subterráneo agricultura (90%)
32	Cobertura de techos para retener humedad en cultivos
33	Reconversión agrícola a cultivos de menor requerimientos hídricos
34	Cultivos hidropónicos
35	Cultivos aeropónicos
36	Agricultura vertical en invernaderos
37	Paisajismo xérico o de bajo requerimiento hídrico
38	Cambio de vegetación nativa de menor requerimiento hídrico en áreas verdes urbanas

39	Mulch para retener humedad en el suelo para paisajismos xéricos
40	Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego de áreas verdes
41	Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego
42	Estanque y lavamanos unificado para disminuir el consumo de agua
43	Sistemas sanitarios de menor requerimiento hídrico
44	Detergente de ropa sin enjuague
45	Detergente para lavado de automóviles en seco
46	Jabón espuma para lavado de manos
47	Agricultura de precisión con técnicas de riego deficitario controlado
48	Dispositivos de control de temperatura para eficiencia en el consumo de agua caliente
49	Aplicaciones móviles para la gestión eficiente de consumo de agua domiciliario
50	Labranza de conservación mínima o cero / permacultura / agroforestería
51	Infiltración para recarga de acuíferos por presión
52	Embalse para acumulación de aguas
53	Estanque flexible para acumulación multiuso
54	Estanques modulares de fibra de vidrio para almacenamiento de agua
55	Humedal artificial superficial
56	Lagunas aireadas para tratamiento de aguas servidas
57	Lagunas facultativas para el tratamiento de aguas servidas
58	Tratamiento con lodos activados para su aplicación en aguas servidas
59	Humedal artificial subsuperficial
60	Lombrifiltro para tratamiento de aguas servidas
61	Biofiltros para tratamientos de aguas servidas
62	Reúso de aguas residuales urbanas en emisarios submarinos
63	Reutilización agua residual rural

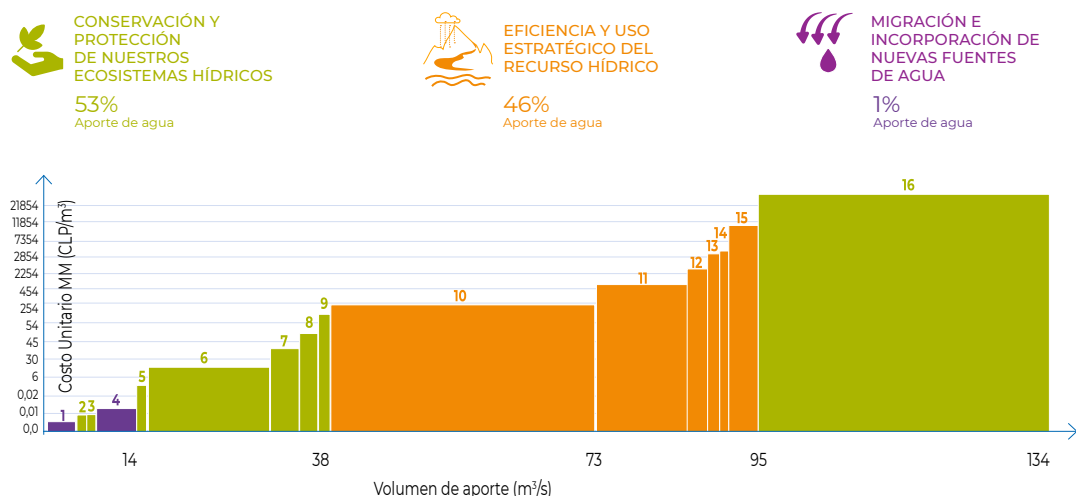
El costo unitario de las soluciones de la curva de abatimiento corresponde al valor en pesos por metro cúbico de agua ($\$/m^3$) que es calculado según la factibilidad de aplicación de cada solución en el territorio. Para esta determinación, se obtiene un costo total (costo por hectárea multiplicado por la superficie total de aplicación) que luego se divide por el volumen total de aporte o ahorro de agua (volumen por hectárea multiplicado por la cantidad de hectáreas totales potenciales).

Es importante mencionar que existen soluciones que no dependen de una superficie como por ejemplo, las de reúso y tratamiento de aguas residuales. En estos casos el costo se determina directamente según su máximo aporte.

El volumen de aporte corresponde al aporte o volumen de agua ahorrada en metros cúbicos por segundo (m^3/s) que cada solución genera considerando la factibilidad de aplicación de cada solución en el territorio.

Cabe señalar que para la elaboración de la curva de abatimiento se emplearon datos referenciales de costos de inversión y volúmenes de aporte de agua de soluciones reales implementadas en territorio chileno. Para soluciones que no han sido aplicadas en el país se utilizaron datos de proveedores nacionales, internacionales o de casos de aplicación reales a nivel internacional. La base para la construcción de esta curva de abatimiento se encuentra en HESMASH (ANEXO 2).

FIGURA 37. CURVA DE ABATIMIENTO DEL CONJUNTO DE SOLUCIONES QUE CONTRIBUYEN A LA BRECHA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE.



- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1 Estanque flexible para acumulación de agua | 9 Mallas y lonas de poliuretano para protección de glacieres |
| 2 Conservación de humedales naturales | 10 Riego subterráneo agricultura (90%) |
| 3 Conservación de bosques en cabeceras de cuenca | 11 Micro riego localizado (goteo, microaspersión microjet o similar) (85%) |
| 4 Sistema de almacenamiento de agua | 12 Riego mecanizado mayor (asperión o similar) (75%) |
| 5 Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas) | 13 Agricultura vertical en invernaderos |
| 6 Recuperación de riberas de ríos para mejorar servicios ecosistémicos | 14 Agricultura de precisión con técnicas de riego deficitario controlado |
| 7 Zanjas de infiltración para recolección y almacenamiento de agua lluvia | 15 Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego |
| 8 Sistema tradicional de captación y almacenamiento de aguas lluvias (Cochas) | 16 Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad y en lecho de río |

La relación beneficio/costo del conjunto de **MAS** es 2,52; teniendo 2,5 veces más beneficios que sus costos, con un potencial aporte volumétrico de los Servicios Ecosistémico de 3.670 MMm³ al año 2050.

EL VALOR DE LOS ECOSISTEMAS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE

Valor económico de los servicios ecosistémicos del agua en la cuenca del río Maule.

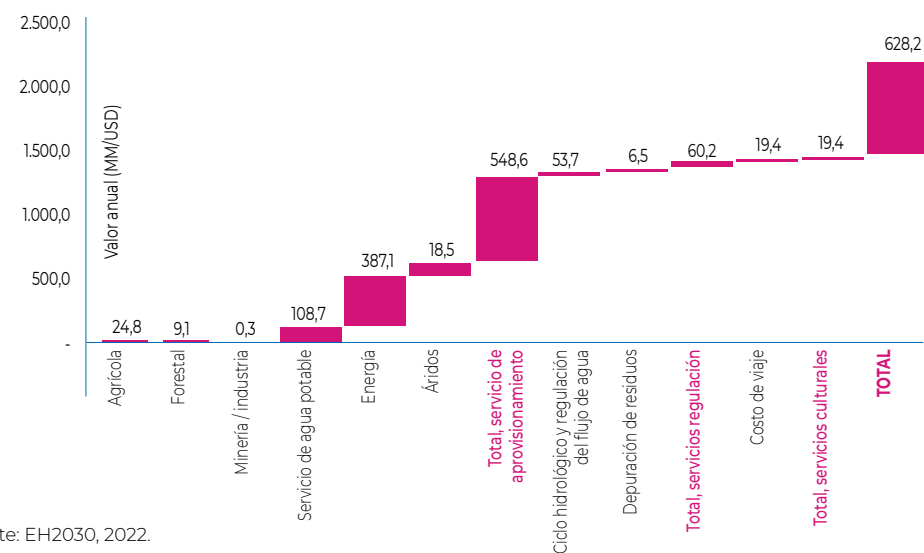
Estudio realizado por Wicha et. al., 2022 (Ver ANEXO 7) cuyo objetivo es valorar los servicios ecosistémicos que presta el agua en la cuenca del río Maule.

La TABLA 16 y FIGURA 38 muestran el valor anual en USD del aporte que entregan los servicios ecosistémicos en la cuenca del río Maule, que alcanza los 628 MM USD. El mayor aporte valorado de estos servicios (sobre el 90%) se encuentra asociado a los servicios de

aprovisionamiento de agua (ver definición en en página 24 Metodología, paso 5), destacando la energía (60%) por sobre el sector sanitario (17%), debido principalmente al caudal de uso que tienen las hidroeléctricas para turbinar y obtener la energía de la cuenca.

Si bien el sector agrícola posee un mayor consumo de agua que el sector sanitario, los valores de transacción de estos servicios son los que marcan la diferencia, dado que el agua potable tiene un costo promedio de 1.600 \$/m³ y en el agua de riego un estimado de 5,8 \$/m³, basándose en los valores de las acciones de derechos de aprovechamiento de agua (Ver ANEXO 7 para revisar criterios y metodología de valoración).

FIGURA 38. VALOR ANUAL EN MM USD QUE APORTAN LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE.



Fuente: EH2030, 2022.



TABLA 16. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS MAS EN LA CUENCA DEL MAULE.
(cifras de beneficio, inversión y precios expresadas en USD).




	IDENTIFICACIÓN MAS	ÁREA DE INFLUENCIA (ha)	BENEFICIO anual (USD)	INVERSIÓN (USD)	VAN (USD)	RELACIÓN BENEFICIO/COSTO	CANTIDAD DE AGUA RECUPERADA (m³/año)
 CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE NUESTROS ECOSISTEMAS HÍDRICOS	Reforestación y forestación de cuencas	28.047,00	987.078	25.905.331	39.019.034	2,51	15.565.805
	Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad	45.293,35	87.148.800	70.911.269	1.381.568.731	20,72	1.374.300.256
	Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas)	0,91	1.751	2.508	26.675	11,64	27.611
	Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas)	5.723,69	11.012.935	1.093.093	182.455.822	167,92	173.669.394
 EFICIENCIA Y USO ESTRATÉGICO DEL RECURSO HÍDRICO	Zanjas de infiltración	15.667,12	30.145.059	4.429.844	497.987.805	113,42	475.375.017
	Mejoramiento y reconstrucción de canales de riego	123,86	29.720	496.800.000	-496.304.674	0,00	468.665
	Sistemas de riego para la optimización del consumo de agua en la agricultura - riego mecanizado mayor, aspersión o similar	33.502,56	5.620.035	209.496.740	-115.829.485	0,45	88.625.614
	Sistemas de riego para la optimización del consumo de agua en la agricultura - riego agrícola goteo	45.805,28	22.885.786	183.221.120	198.208.646	2,08	360.899.307
 MIGRACIÓN E INCORPORACIÓN DE NUEVAS FUENTES DE AGUA	Riego subterráneo agricultura	130.306,28	70.993.542	505.587.877	677.637.819	2,34	1.119.538.566
	Infiltración para recarga de acuíferos por presión		1.735.937	6.000.000	22.932.280	4,82	27.375.000
	Embalse para acumulación de aguas	7.100,00	1.712.157	40.500.000	-11.964.052	0,70	27.000.000
	Matriz unificada de distribución de agua		2.937.104	106.000.000	-57.048.259	0,46	1.640.840
	Desalación mediante ósmosis inversa		653.350	1.800.000	4.830.833	1,80	365.000
	Reúso urbano (emisarios submarinos)		62.094.384	331.080.000	703.826.400	3,13	34.689.600
	Reúso de aguas residuales rural (SSR)		338.697	1.647.149	3.997.795	3,43	189.216
	TOTAL	311.570	298.296.334	1.984.474.930	3.031.345.370	2,52	3.699.729.892



Foto: Big-Chile / Desembocadura río Maule

RUTA DEL AGUA

Fluyendo hacia la Seguridad Hídrica del río Maule



CONSERVACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 1:
100% de las ha de conservación y protección de ecosistemas base identificadas para el ciclo hídrico.

Indicador $\frac{HPO}{HPT} * 100 = XX\%$

HPO: Hectáreas con protección oficial
HPT: Hectáreas potenciales de aplicación de Medidas de conservación

Conjunto de soluciones

Conservación de:

- Humedales naturales
- Estuarios
- Ríos
- Bosque nativo
- Vegas

Actores

MMA; Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas-SBAP (se encuentra actualmente en trámite legislativo).

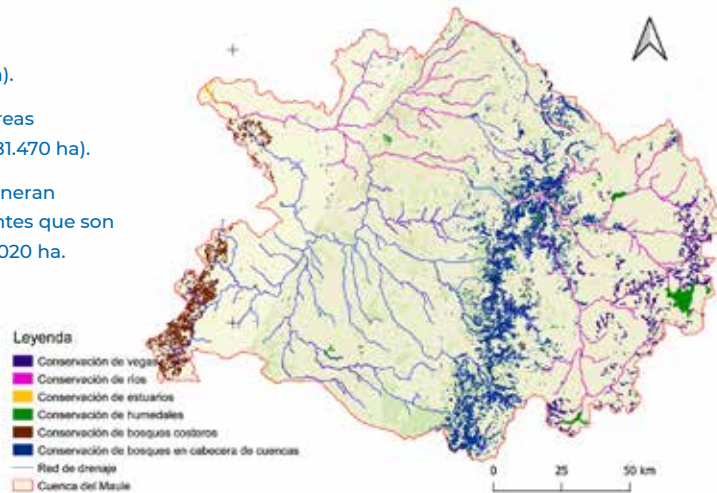
Apoyo: JdV- Bienes Nacionales- CONAF (SNASPE)- SAG- MINAGRI- MINVU (IPT)- Monumentos Nacionales- Municipalidades y comunidad local, incluidos los privados dueños de los territorios fundamentales de conservar.

Impacto Esperado

- 0,055 m³/s que generan las actuales áreas con protección oficial (1.550 ha).
- 2,91 m³/s de agua que generan las áreas potenciales de proteger/conservar (81.470 ha).
- 93.649.556 m³/año es el agua que generan actualmente los ecosistemas existentes que son prioritarios de conservación, con 83.020 ha.

Inversión Referencial

- La protección y conservación de ecosistemas relevantes en el ciclo hídrico tienen costos marginales asociados a su gestión.



Fuente: Elaboración propia.



CONSERVACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 2:
Mínimo 50,89 m³/s dispuestos y disponibles para recarga de agua a acuíferos (SbN), en zonas de conservación.

Indicador

ha con SbN implementadas x m³3(s ha) recarga potencial con SbN

- 0,00069 m³/s/ha de recarga potencial con SbN.

Conjunto de soluciones

- Infiltración para recarga de acuíferos por gravedad y en lecho de río.
- Sistema tradicional para recarga superficial de acuíferos (Amunas).
- Bordos superficiales para disminuir la escorrentía (Jollas).
- Sistema tradicional de captación y almacenamiento de aguas lluvias (Cochas/Q'ochas/Tipishcas/Jagüeyes).
- Zanjas de infiltración para recolección y almacenamiento de agua lluvia.
- Llanuras de inundación.

Actores

MMA, SBAP, CONAF, DOH.

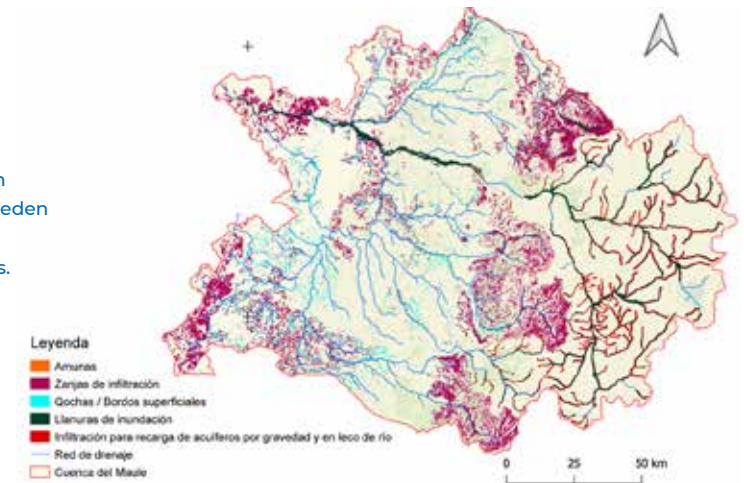
Apoyo: CIREN (APOYO INFORMACIÓN)- CNR- DGA- SAG- JdV- INDAP- MOP- SSR- Ministerio Desarrollo Social- Gobiernos Regionales y Municipalidades.

Impacto Esperado

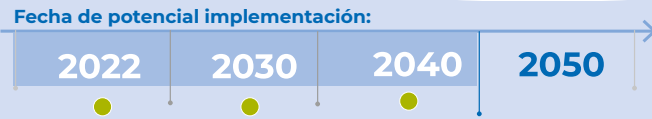
- 73.752 ha a conservar que aportan 3,41 m³/s en forma natural, sin intervención.
- Cuando se implementan SbN en estas zonas de conservación, pueden aportar 47,48 m³/s adicionales, llegando a un total de 50,89 m³/s.

Inversión Referencial

- 1,940,845 USD costo inversión referencial para cumplimiento de la meta.



Fuente: Elaboración propia.



REPARACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 3:
100% ha para reparar ecosistemas fundamentales, el restablecimiento del ciclo hídrico y adaptación al cambio climático.

Indicador
 $\frac{\text{ha reparadas implementadas}}{\text{ha potenciales a reparar con SbN}} * 100$

- 0,0490463 m³/s/ha recarga potencial con SbN.
- 327 ha potenciales a reparar en ecosistemas fundamentales para el restablecimiento del ciclo hídrico y adaptación al cambio climático.

Impacto Esperado

- 327 ha potenciales a reparar, aportan actualmente 0,015 m³/s sin MAS.
- Cuando se implementan SbN en estas zonas de reparación, pueden aportar 16 m³/s adicionales.

Inversión Referencial

- 547,000 USD costo inversión referencial para cumplimiento de la meta.



Fuente: Elaboración propia.

Conjunto de soluciones

- Recuperación de riberas de ríos para mejorar servicios ecosistémicos.
- Reparación / restauración de humedales naturales.
- Reparación / restauración de estuario.
- Reparación / restauración de vegas.

Actores

MMA, SBAP, CONAF, DOH.

Apoyo: Municipalidades- JdV- DGA- Ministerio de Bienes Nacionales- INDAP- Gobiernos Regionales, Privados dueños de los territorios fundamentales a reparar.



REPARACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 4:
Mínimo 11,46 m³/s dispuestos y disponibles para recarga de agua a acuíferos (SbN), en zonas de conservación.

Indicador
ha con MAS implementadas x m³/s/ha recarga potencial con SbN

- 0,000064 m³/s/ha recarga potencial con SbN de reforestación de bosque nativo.
- 0,000142 m³/s/ha recarga potencial con SbN en zonas agrícolas (inundación gestionada).
- 39.731 ha potenciales de reparación al año 2050, en ecosistemas fundamentales para el restablecimiento del ciclo hídrico y adaptación al cambio climático.

Impacto Esperado

- 39.731 ha potenciales de reparar, aportan actualmente 0,000093 m³/s sin MAS.
- Cuando se implementan SbN en estas zonas de reparación, pueden aportar 0,000114 m³/s adicionales, llegando a un total de 0,000206 m³/s.
- Esta meta también aborda el riesgo de inundaciones y aluviones en 2.173.434 ha, minimizando pérdidas y daños.

Inversión Referencial

- 26,995,238 USD costo inversión referencial para cumplimiento de la meta.

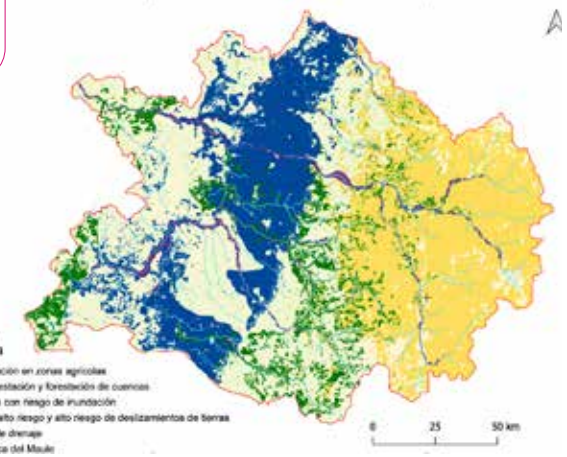
Conjunto de soluciones

- Reforestación y forestación de cuencas para disminución de riesgo de desastres.
- Infiltración en zonas agrícolas.

Actores

MMA, SBAP, CONAF, DOH, ONEMI.

Apoyo: Municipalidades- JdV- DGA- Ministerio de Bienes Nacionales- INDAP- Gobiernos Regionales, Privados dueños de los territorios fundamentales a reparar.



Fuente: Elaboración propia.

"NOTA: De acuerdo a CORMA, en el marco de las certificaciones internacionales, las empresas forestales han asumido compromisos de restauración en esta región, en particular, vinculados a los bosques de ruiñil".



Fecha de potencial implementación:



REPARACIÓN CICLO HÍDRICO

Meta 5:

Mínimo 0,043 m³/s dispuestos y disponibles para recarga de agua a acuíferos, en zonas de reparación urbana.

Indicador

ha con MAS implementadas x m³/s/ha recarga potencial con SBN

- 0,0013359 m³/s/ha recarga potencial con MAS en zonas urbanas. Estas zonas actualmente no producen recarga de acuíferos por pavimentación principalmente.
- 445 ha a reparar al 2050, que actualmente no recargan acuíferos, de las cuales 370,88 ha son áreas susceptibles a inundaciones por eventos hidrometeorológicos dentro del límite urbano.

Impacto Esperado

- Con la implementación de MAS, estas áreas tendrían una recarga de agua al acuífero de mínimo 0,043 m³/s, minimizando el riesgo hídrico, pérdidas y daños por inundaciones.

Inversión Referencial

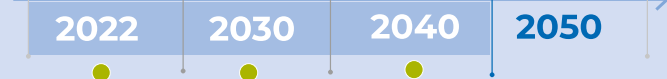
- 259,199,193 USD costo inversión referencial para el cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



MEJORAMIENTO EN CONDUCCIÓN

Meta 6:

Reducir 0,06 m³/s de extracciones por eficiencia en conducción, contribuyendo a la conservación de caudal ecológico del río.

Indicador

ha con MAS implementadas x m³/s/ha eficiencia por conducción

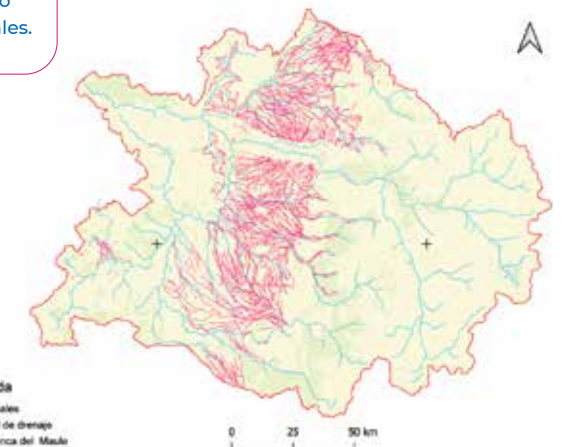
- 0,00047 m³/s/ha eficiencia por conducción.
- 1 ha equivale a 33,3 km de canal.
- Extensión total de canales: 12.461 km.
- Superficie total: 372,91 ha, considerando un ancho promedio de 0,3 m del canal y 12.430 km de canales.

Impacto Esperado

- 372 ha de canal (12.388 km) evita la pérdida de 0,06 m³/s de agua por la conducción a través de canales.
- 0,91 ha de canal (30,3 Km) cumplen la función de alta recarga a los acuíferos, pudiendo llegar a recargar 0,001 m³/s en época de lluvias.

Inversión Referencial

- 1,371,749,500 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.



ALMACENAMIENTO

Meta 7:

Aumentar en 292,8 MM m³ la capacidad de almacenamiento total en la cuenca, 1,1 MMm³ destinando para la gestión local de inundaciones (exceso de lluvia) y 291,7 MMm³ para manejo de excedentes de agua.

Conjunto de Soluciones

- Celdas de polipropileno para la gestión de agua lluvia en forma de drenes.
- Cámaras ADS StormTech® para el control del agua pluvial.
- Estanque flexible para acumulación multiuso.
- Estanques modulares de fibra de vidrio para almacenamiento de agua.
- Embalses para acumulación de aguas.

Actores

Municipios, MINVU, CRN, INDAP.

Apoyo: DGA, MOP, DOH.

Indicador

m³ implementados para almacenamiento

- 292,8 MMm³ es la capacidad potencial de almacenamiento de agua lluvia en sistemas medianos o pequeños.

Impacto Esperado

- Estos sistemas podrán almacenar 9,28 m³/s que se generan en la cuenca.

Inversión Referencial

- 55,662,872,550 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.



OPTIMIZACIÓN EN RIEGO ÁREAS VERDES

Meta 8:

Reducir el consumo de 1,36 m³/s por eficiencia en uso de agua en áreas verdes para abordar la Brecha Hídrica local y de la cuenca.

Conjunto de Soluciones

- Riego por goteo áreas verdes y zonas urbanas (85%).
- Riego subterráneo áreas verdes (90%).
- Paisajismo xérico o de bajo requerimiento hídrico.
- Cambio de vegetación nativa de menor requerimiento hídrico en áreas verdes urbanas.
- Mulch para retener humedad en el suelo para paisajismo xérico.
- Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego de áreas verdes.

Actores

Municipalidades, Gobierno Regional.

Apoyo: Academia.

Indicador

ha con MAS implementadas x m³/s/ha eficiencia en áreas verdes

- 0,000345 m³/s/has eficiencia en áreas verdes.

Impacto Esperado

- 319 ha actuales con riego de áreas verdes, tienen un consumo de 0,26 m³/s de agua.
- 1 ha de pasto consume 0,00081 m³/s.
- 1 m² de pasto consumo 7 L/día de agua, casi 4 veces el requerimiento de agua para bebida por una persona al día.

Inversión Referencial

- 21,337,872 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



OPTIMIZACIÓN DE RIEGO AGRÍCOLA

Meta 9:

Reducir en un 57,4% la extracción de agua para riego en agricultura, equivalente a 55,38 m³/s, permitiendo sostener la agricultura y a la vez disponer del agua que se deja de extraer para otros usos en la cuenca.

Conjunto de soluciones

- Riego mecanizado mayor (aspersión o similar) (75%).
- Micro riego localizado (goteo, microaspersión microjet o similar) (85%).
- Riego subterráneo agricultura (90%).
- Cobertura de techos para retener humedad en cultivos.
- Reconversión agrícola a cultivos de menor requerimiento hídrico.
- Cultivos hidropónicos y aeropónicos.
- Agricultura vertical en invernaderos.
- Hidrogel en raíces para reducir el uso de agua en el riego.

Actores

MINAGRI, CNR, INDAP, OUAs.

Apoyo: Municipios, Asoc. Gremiales agrícolas, agricultores, academia.

Indicador

$$\frac{\text{m}^3/\text{s} \text{ reducidos en extracción}}{\text{m}^3/\text{s} \text{ totales extraídos}} * 100 = XX\%$$

$$\frac{\text{ha actuales con riego agrícola}}{\text{ha basales con riego agrícola}} * 100 = XX\%$$

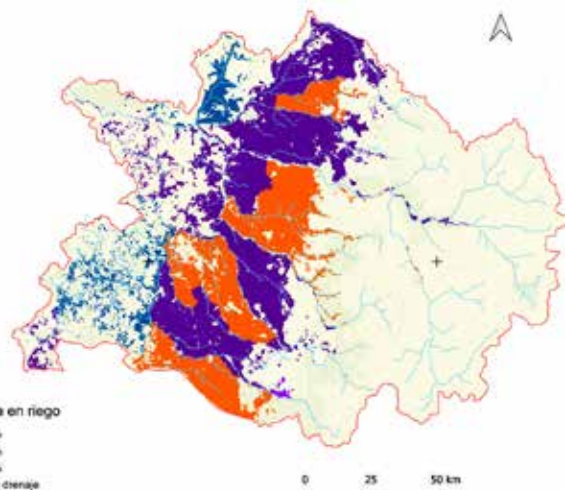
- 257.553 ha basales con riego agrícola, con una extracción de 96,51 m³/s.

Impacto Esperado

- Incremento en la disponibilidad de agua en la cuenca de 55,38 m³/s (1.746 MMm³/año) para reducir la Brecha Hídrica local y de la cuenca.
- 1 ha con **MÁS** de eficiencia implementada en la agricultura, reduce la extracción de agua en 0,00037 m³/s (31,9 m³/día).

Inversión Referencial

- 2,505,439,334 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



CAMBIO PROCESO AGRÍCOLA

Meta 10:

Implementar cambios de proceso de producción agrícola en un 6% de las ha agrícolas, disponibilizando 0,39m³/s de agua para abordar la Brecha Hídrica local y en la cuenca.

Conjunto de soluciones

- Labranza de conservación mínima o cero.
- Permacultura para la producción agrícola.
- Agroforestería.

Actores

CNR, INDAP

Apoyo: OUAs, Asoc. Gremiales agrícolas, Agricultores, CONAF, academia, consultores.

Indicador

$$\frac{\text{ha implementadas con cambios de proceso}}{\text{ha potenciales para cambios de proceso}} * 100$$

- Meta equivale a 15.464 ha potenciales de implementación en cambios de proceso de producción agrícola en la cuenca del Maule.

Impacto Esperado

- Incremento en la disponibilidad de agua en la cuenca de 0,39 m³/s (12,3 MMm³/año) para reducir la Brecha Hídrica local y de la cuenca.
- 1 ha con cambio de proceso en producción agrícola implementado, reduce en 0,0000252 m³/s la extracción de agua.

Inversión Referencial

- 18,247,520 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



OPTIMIZACIÓN DE AGUA POTABLE

Meta 11:

Reducir el consumo de agua urbano en el sector de agua potable y saneamiento, priorizando usuarios en zonas de alto consumo para disponibilizar 0,19 m³/s de agua que contribuyan a abordar la Brecha Hídrica local y de la cuenca.

Indicador

Facturación Línea de Base 2022 - Facturación año a reportar

Impacto Esperado

- 0,00000126 m³/s/hogar se logra reducir aplicando **MAS**.
- Se consideran 151.127 hogares, con 4 personas cada uno, equivalente al consumo de 604.508 personas en total. Cada persona consume 170 L/día de agua, siendo 680 L/día para un hogar, según datos SISS.
- Se busca disminuir el sobreconsumo de agua, en especial en aquellos clientes que consumen por sobre el promedio nacional/OCDE.
- Las soluciones aplicarán a reducir un 16% del consumo total de hogares considerados.

Inversión Referencial

- 22,376,927 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.

Conjunto de soluciones

- Estanque y lavamanos unificado para disminuir el consumo de agua.
- Sistemas sanitarios de menor requerimiento hídrico.
- Detergente de ropa sin enjuague.
- Detergente para lavado de automóviles en seco.
- Jabón espuma para lavado de manos.
- Dispositivos de control de temperatura para eficiencia en el consumo de agua caliente.
- Aplicaciones móviles para la gestión eficiente de consumo de agua domiciliario.
- Otras asociadas al riego con agua potable.

Actores

SISS, Empresas sanitarias.

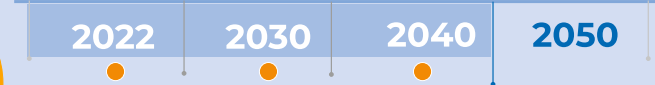
Apoyo: Municipios, SSR, DOH.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



OPTIMIZACIÓN CONDUCCIÓN AGUA POTABLE

Meta 12:

Alcanzar un 15% máximo de pérdidas en tuberías (redes y conducciones) en el sector agua potable y saneamiento, dejando de extraer esa agua desde fuentes naturales de la cuenca.

Indicador

$$ANF = \frac{(VProd - VFact)}{VProd} * 100 = XX\%$$

ANF: Agua No facturada (%)
VProd: Volumen de agua producida, m³ (a la salida de las plantas de tratamiento de agua potable o de los estanques, según corresponda)

Impacto Esperado

- Al disminuir las pérdidas en la producción de agua potable (aguas no facturadas-ANF), se dejan de extraer 0,26 m³/s desde las fuentes naturales de agua.
- 84.334.000 m³/año de agua potable producida (SISS, 2020).
- 50.191.000 m³/año de agua facturada.
- 34.143.000 m³/año de agua no facturada (agua potable producida que no llega a facturación). Fuente: SISS, 2020.

Conjunto de soluciones

- No posee **MAS** asociadas.

Actores

SISS, Empresas sanitarias, DOH, Municipios, SSR.

Apoyo: Gobierno Regional.



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



PROVISIÓN DE AGUA POTABLE RURAL

Meta 13:

El 100% de la población rural o fuera del área de concesión sanitaria, tendrá acceso a agua potable de calidad apropiada y sin interrupciones, reduciendo el aporte de camiones aljibe al 5% de la población rural más aislada.

Conjunto de soluciones

- No hay una **MAS** asociada en forma directa, dado que la implementación de un conjunto de **MAS** que ayuden a recuperar y recargar los acuíferos, serán claves para asegurar la disponibilidad de agua para los SSR.

Actores

Gobierno Regional.

Apoyo: MIDESO (Encuesta CASEN, distribución de Hogares según la fuente de distribución de agua); Ministerio del Interior (Emergencia, camiones Aljibes); INE; SISS; DOH; Municipalidades.

Indicador

$$\frac{\text{Nro. de habitantes rurales habilitados con agua potable}}{\text{Nro. total de habitantes rurales}} \times 100$$

Impacto Esperado

- Más de 9.750 beneficiarios rurales.
- Ahorro para el Estado de 1,440,000 USD/año por disminuir el uso de camiones aljibes, pudiendo invertir esos recursos en mejorar la Seguridad Hídrica del abastecimiento para el consumo humano.
- Actualmente, los habitantes rurales que consumen agua del camión aljibes, pagan una tarifa entre 10 y 20 veces mayor que la cobrada por una empresa sanitaria.

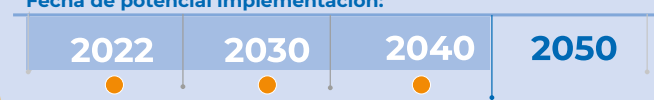


Leyenda
 APA
 Red de drenaje
 Cuenca del Maule

Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



OPTIMIZACIÓN INDUSTRIAL

Meta 14:

Reducir la extracción de agua en el sector industrial en un 40% al 2050, que permita abordar la Brecha Hídrica local y de la cuenca.

Conjunto de soluciones

No tiene **MAS** Asociadas.

Actores

DGA u organismos que lidera la gestión de aguas en Chile (Actualización de Huella Hídrica), SISS (facturación de agua potable a empresas).

Apoyo: ASCC (APL), Sector industrial; SII e INE (base para actualización de Huella Hídrica).

Indicador

$$\frac{(\text{m}^3/\text{año reportados de agua extraída en el año a evaluar} \times 100)}{\text{m}^3/\text{año base de agua extraída por el sector industrial}} = \text{XX}\%$$

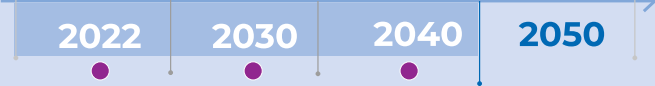
- 1,21 m³/s agua extraída por el sector industrial (En base a Jaramillo & Acevedo, 2017).



Fuente: Elaboración propia.



Fecha de potencial implementación:



Fecha de potencial implementación:



REÚSO DE AGUAS RESIDUALES RURALES

Meta 15:

Tratar y reusar un 100% de aguas residuales descargadas por PTAs rurales para que sean destinados a proyectos con beneficio social y ambiental.

Conjunto de soluciones

- Humedal artificial subsuperficial.
- Lombrifiltro para tratamiento de aguas servidas.
- Biofiltros para tratamientos de aguas servidas.
- Sistema de tratamiento de lodo activado para aguas residuales tratadas.
- Coagulación y floculación para tratamiento de aguas residuales.
- Reutilización agua residual rural.

Actores

DOH, SISS, MINSAL.

Apoyo: Municipalidades, Gobiernos Residuales, SSR.

Indicador

$$\frac{m^3/s \text{ de agua reusada implementada}}{m^3/s \text{ potenciales de reúso en la cuenca}} \times 100 = XX\%$$

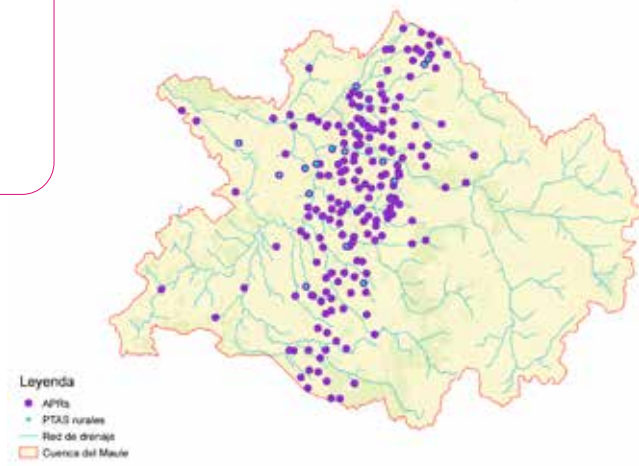
- La cuenca posee un potencial de reúso de aguas servidas rurales de 0,6 m³/s, de las cuales 0,55 m³/s no poseen condiciones para el reúso de agua en el corto plazo, porque no poseen sistemas de alcantarillado o sistema de tratamiento adecuado.

Impacto Esperado

- Solo 0,05 m³/s de aguas servidas rurales posee sistema de alcantarillado y tratamiento adecuado para su reúso en el corto a mediano plazo.
- Nro. de personas beneficiadas: 359.656.

Inversión Referencial

- 6,389,964 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Leyenda
 • APiTa
 • PTAs rurales
 — Red de drenaje
 Cuenca del Maule

Fuente: Elaboración propia.

REÚSO DE EMISARIOS SUBMARINOS

Meta 16:

100% de los caudales de emisarios submarinos son tratados y reusados, siendo destinadas a proyectos con beneficio social y ambiental.

Conjunto de soluciones

- Reúso de aguas residuales urbanas en emisarios submarinos.

Actores

SISS.

Apoyo: Municipalidades, Gobiernos Residuales, Empresas Sanitarias y privados.

Indicador

$$\frac{m^3/s \text{ de agua reusada implementada}}{m^3/s \text{ potenciales de reúso en la cuenca}} \times 100 = XX\%$$

- 0,7 m³/s de agua descargada por emisarios submarinos (Celulosa Arauco, Constitución), con potencial de reúso.

Impacto Esperado

- 0,7 m³/s equivale a 695 ha de riego.

Inversión Referencial

- 19,997,046 USD es el costo referencial para cumplimiento de esta meta.



Leyenda
 • Emisario submarino
 — Red de drenaje
 Cuenca del Maule

Fuente: Elaboración propia.

HERRAMIENTAS CLAVE PARA LA PUESTA EN MARCHA DE LAS **MÁS**

Los instrumentos de gestión son herramientas que permiten a los tomadores de decisiones y usuarios investigar los desafíos socio-hidrológicos y tomar determinaciones racionales e informadas, adaptadas a los contextos territoriales (GWP, 2021).

Instrumentos de evaluación

Permiten a los responsables de la toma de decisiones perfeccionar su comprensión de los problemas del agua y explorar posibles soluciones, incluida la forma en que ciertas opciones de gestión generarán diversos resultados y compensaciones socioeconómicas y ambientales.

Ejemplos:

Evaluación de impacto ambiental; evaluación ambiental estratégica; matriz multicriterio; evaluación de riesgos; evaluación de vulnerabilidad; evaluación de actores; evaluación social y de ecosistemas.

Instrumentos económicos

Una forma de cambiar el comportamiento de los usuarios del agua hacia prácticas más sostenibles es a través de instrumentos económicos. Los incentivos económicos implican el uso de medidas basadas en el mercado para mejorar la forma en que se gestiona y utiliza el agua. Brindan incentivos a los usuarios para usar el agua con cuidado, de manera eficiente y de manera consistente con el interés público. Tienen efectos tanto positivos como negativos, premiando a los usuarios que reconocen el verdadero valor del agua, y penalizando el mal uso e impactos sociales y ambientales.

Ejemplos:

Cobro por el uso del agua; cargos por contaminación; subsidios; pagos por servicios ecosistémicos, beneficios tributarios, pago de impuestos, otros.

4

Instrumentos de gestión para el futuro del agua

Instrumentos de fiscalización y control

Comprenden todos aquellos instrumentos que permiten hacer seguimiento al correcto uso del agua, así como de las decisiones tomadas a través de instrumentos de planificación.

Ejemplos:

Control y monitoreo de extracciones efectivas; monitoreos ciudadano colaborativo; teledetección; herramientas de rendición de cuentas, sistemas de reportabilidad, uso de tecnología, otros.

Eficiencia en la gestión del agua

Es fundamental mejorar la eficiencia del agua desde la perspectiva de la oferta y la demanda, así como también analizar el potencial para la reutilización y el reciclaje del agua.

Estos instrumentos aumentan la productividad del agua disponible mediante la reducción de su mal uso y desperdicio, promoviendo alinear la demanda y el suministro de agua.

Ejemplos:

Eficiencia en el uso del agua; gestión de la demanda; tratamiento y reúso; soluciones en base a la naturaleza, soluciones tecnológicas, otras.

Instrumentos para promover el cambio cultural

Otra forma de cambiar el comportamiento de los usuarios y administradores del agua hacia prácticas más sostenibles es a través de mecanismos de cambio social, por medio de la participación y el empoderamiento, la educación y la cultura por el agua, estrategias de comunicación para el cambio de comportamiento, conceptos de huella hídrica, la importancia de empresas sostenibles y la administración corporativa.

Ejemplos:

Cultura por el agua; educación y empoderamiento; Huella Hídrica; Certificado Azul; valorización del agua.

Instrumentos de diálogo y participación

La comunicación, negociación, facilitación y la mediación, la gestión de conflictos y la diplomacia del agua son herramientas importantes que permiten también movernos hacia prácticas más sostenibles. Un buen diálogo, siguiendo una serie de principios y estrategias básicas, puede acelerar y promover la implementación de soluciones.

Ejemplos:

Negociación; facilitación y mediación; gestión de conflictos; diplomacia del agua, procesos de construcción colectiva, otros.

Instrumentos de planificación hídrica

La planificación en torno al agua y los recursos hídricos es un proceso multidisciplinario y cíclico, que requiere de coordinación estratégica y organización en todos los niveles. Dicha planificación debe estar orientada a objetivos medibles, específica del contexto y hablar de los diferentes aspectos de la gestión de los recursos hídricos.

Ejemplos:

Planes estratégicos de gestión hídrica; planes nacionales de recursos hídricos; planes de manejo; planes de gestión de agua urbana; planes de alerta temprana y planes de gestión de acuíferos; planes de sequía; planes de adaptación; planes maestros, planes de manejo de cauces, planes de ordenamiento territorial, entre otros.

Sistemas de soporte a la decisión

Estos sistemas van más allá de la modelación hidrológica, los datos y la información para incluir su gestión, análisis, evaluación, presentación, accesibilidad y comunicación, para mejorar la toma de decisiones. Pueden integrar diferentes tipos de información para promover un pensamiento sistémico más holístico, que considere múltiples facetas de problemas complejos.

Ejemplos:

Sistemas Integrados de información sobre recursos hídricos; sistemas de información geográfica; planificación prospectiva; sistemas de monitoreo y evaluación; modelación hidrológica y socio-hidrológica; modelación colaborativa.



Foto: Río Maipo / Claudia Calleguillos C.

FODA de Instrumentos de gestión co-construidos en las cuencas del Maipo y Maule

Planes Estratégicos de Recursos Hídricos por cuencas

Los Planes Estratégicos de Gestión de Recursos Hídricos en Cuenca(s) son instrumentos públicos de acción vinculante para las políticas regionales, locales y sectoriales.

De acuerdo a la Ley Marco de Cambio Climático, recientemente aprobada: “Estos instrumentos tienen por objeto identificar la oferta y demanda actual de agua superficial y subterránea; establecer el balance hídrico y sus proyecciones; diagnosticar el estado de información, sobre cantidad, calidad, infraestructura e instituciones que intervienen en el proceso de toma de decisiones respecto al recurso hídrico; y, proponer un conjunto de acciones para enfrentar los efectos adversos del Cambio Climático sobre el recurso hídrico, propendiendo a la Seguridad Hídrica”.

SITUACIÓN ACTUAL

Fortalezas

- Experiencia amplia en su elaboración.
- Herramienta útil para levantamiento de información base.
- Respaldado por normativa (CdA, Ley Marco de Cambio Climático).

Debilidades

- Carácter indicativo.
- Falta de financiamiento.
- Falta de gobernanza para implementar.
- Falta de asignación de responsables.
- Carencia de mecanismos de seguimiento.



Foto: Claudia Galeguillos / Canal Galión, Cuenca Mataquito

Sistema Nacional de Información sobre Recursos Hídricos

Sistema de información, de carácter nacional, integrado y unificado, que sirve para la recolección, tratamiento, almacenamiento y recuperación de información del agua y los factores que intervienen en su gestión. Tiene por propósito uniformar los datos generados por los organismos públicos y privados, desde los niveles locales hasta nacional y transfronterizo, permitiendo realizar un seguimiento de los distintos instrumentos de planificación establecidos, en particular el Plan Nacional para la Seguridad Hídrica y los Planes Estratégicos de Recursos Hídricos en Cuenca, y de entregar data e información a la sociedad civil y todas las organizaciones para la mejor toma de decisiones.

SITUACIÓN ACTUAL

Fortalezas

- Existe amplia cantidad de data disponible.
- Hay sistemas en funcionamiento por parte de organismos públicos.
- Se ha avanzado en la integración de información.

Debilidades

- Falta de protocolos para el levantamiento de data, sumado a poca uniformidad de los datos.
- Sistemas existentes se encuentra fragmentado, no existiendo un único responsable del sistema.
- Información existente precaria, y de difícil acceso por toda la población.
- Información en lenguaje complejo y no amigable.

Cobros por el uso de agua

Bajo el “principio de usuario o beneficiario paga”, el cobro por el uso de agua es tal vez el instrumento financiero más utilizado por diversos marcos legislativos para la gestión de los recursos hídricos, donde a los usuarios del agua se les cobra sobre la base de su consumo, o de los beneficios monetarios que reciben por su uso. Asociado también a otro principio “agua paga por el agua”, los recursos obtenidos a través del cobro son utilizados exclusivamente para la administración e implementación de medidas, acciones y soluciones en torno a la gestión de los recursos hídricos y ecosistemas relacionados.

SITUACIÓN ACTUAL

Fortalezas

- Hay voluntad para establecer un mecanismo de cobro, siempre y cuando existan mecanismos de transparencia y rendición de cuentas por la utilización de estos fondos..
- Genera incentivos positivos para el buen uso del agua.
- Mejoraría la información existente.
- El principal sector usuario del agua, el sector agrícola, tiene internalizado y reconocido el pago por terrenos de riego en las contribuciones de bienes agrícolas.

Debilidades

- No existe en el marco regulatorio para realizarlo.
- Complejo de aplicar y fiscalizar a todos los usuarios.
- Genera un incentivo a no transparentar uso efectivo para no cobro.

Coordinación municipal a nivel de cuenca

Las municipalidades son actores relevantes para la Seguridad Hídrica, contando con herramientas e instrumentos que pueden influir en la gestión ambiental, y particularmente, sobre los recursos hídricos. La coordinación entre municipios es clave para una mejor gestión. Avances se han realizado a nivel nacional, pero se requiere de coordinaciones, particularmente a nivel de cuencas.

SITUACIÓN ACTUAL

Fortalezas

- Avances importantes en la coordinación municipal a nivel nacional.
- Municipalidades han avanzado en la instalación de equipos técnicos, pudiendo respaldar a otros municipios.

Debilidades

- Falta de coordinación entre municipalidades a nivel de cuenca.
- Carencia de armonización de instrumentos de planificación.
- Superposición de instrumentos de gestión y facultades entre GORE's y Municipios.
- Déficit de capacidades instaladas para una gestión hídrica local.

Instrumentos de gestión para la sequía

Si bien el Código d Aguas cuenta con instrumentos para abordar la sequía, existen cinco instrumentos principales que operan, aplicándose tres de ellos sobre aguas subterráneas (reducción temporal de derechos, áreas de restricción, zonas de prohibición), mientras que dos son aplicables a nivel de aguas subterráneas (decretos de escasez, redistribución de las aguas). (Delgado, 2021).

Diversos problemas se han manifestado de acuerdo a su real uso y aplicación.

SITUACIÓN ACTUAL

Fortalezas

- Instrumentos han permitido abordar la situación de sequía, liberando recursos para situaciones de emergencia.
- Mejoraría la información existente.

Debilidades

- Falta de aplicación de instrumentos (reducción temporal nunca ha sido aplicado)
- Falta de recursos humanos y financieros para su aplicación.
- Mala concepción de los instrumentos.
- Criterios de aplicación solo hidrológicos, y no ambientales.
- Instrumentos reactivos, y no preventivos.

Cultura por el agua

La cultura por el agua es definida por la UNESCO como el "conjunto de creencias, comportamientos y mecanismos utilizados para satisfacer las necesidades relacionadas con el agua y todo lo que depende de ella". Los instrumentos para abordarla corresponden a mecanismos de cambio social, por medio de la participación y el empoderamiento, la educación y la cultura por el agua, estrategias de comunicación para el cambio de comportamiento, conceptos de huella hídrica y la importancia de empresas sostenibles y la administración corporativa.

SITUACIÓN ACTUAL

Fortalezas

- Instrumentos de fácil aplicación.
- Impacto amplio en cambio de comportamiento hacia prácticas sostenibles en todo nivel.

Debilidades

- Falta de aplicación de instrumentos éstos instrumentos a nivel escolar.
- Falta de relacionamiento entre instrumentos de cambio cultural con instrumentos de participación y planificación.
- Necesidad de realizar énfasis técnico, y segmentado por nivel de conocimiento y aplicación.



Foto: Diego Luna / Cascada de Las Animas, río Maipo.



Foto: Diego Luna / Vegas andinas, cuenca del río Maipo.

5

Resumen cuencas Maipo y Maule

RESUMEN CUENCAS MAIPO Y MAULE
REFEXIONES FINALES

SIGLAS Y ABREVIATURAS
GLOSARIO DE TÉRMINOS
REFERENCIAS
ANEXOS
AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

TIEMPO DE REGENERAR LOS TERRITORIOS

Cuencas regenerativas es un concepto que amplía las fronteras de "cuencas sustentables" que sugiere mejorar la relación humana con la naturaleza, buscando que las acciones y/o prácticas realizadas en los territorios tengan una visión integral, sistémica y adaptable, pero por sobre todo que generen el escenario idóneo para que los ecosistemas utilicen su potencial sustentable y capacidad regenerativa para adaptarse a los cambios actuales y futuros.

Según las proyecciones de Brecha Hídrica, en un escenario tendencial, el abastecimiento de agua de ambos individuos está en riesgo, con la continua agudización de la incertidumbre que ya se vive en sectores de las cuencas del Maipo y Maule.

Se trata de dos cuencas críticas para el presente y futuro de Chile. La primera con la mayor concentración poblacional del país (más de 7 millones de habitantes), y la segunda con gran relevancia en la producción y exportación agrícola (20%) y energética. Ambas enfrentadas a un incierto panorama en materia hídrica, que pone en riesgo a las personas, los ecosistemas y a los sectores productivos que se desarrollan en ellas.

El Cambio Climático golpea estos territorios, disminuyendo las precipitaciones y aumentando la temperatura. Sin embargo, el factor determinante en la escasez hídrica es el ser humano. Tal como se expone en estas páginas, las acciones que afectan a los ecosistemas, la sobreexplotación

¿Qué le ocurrirá a un habitante del Santiago del 2035? ¿Tendrá el agua suficiente para satisfacer sus necesidades de consumo habitual?

¿Y un agricultor del Maule en el 2050? ¿Contará con el riego que requiere para mantener su producción de alimentos?

¿Se contará en las cuencas de Maipo y Maule con el caudal ecológico mínimo para preservar los servicios ecosistémicos?

de los acuíferos, el uso ineficiente del recurso y la inadecuada gestión del agua, son determinantes en la alteración del ciclo del agua.

En el caso de la cuenca del Maipo, la expansión urbana (16% en los últimos 20 años) ha tenido como principales damnificados a los bosques nativos, ecosistemas que son considerados prioritarios para la conservación y reparación del ciclo hídrico. Más dramática ha sido la reducción de los bosques en la cuenca del Maule, donde la principal causa ha sido la expansión de las plantaciones forestales (23% en los últimos 20 años).



Foto: ciencia y tecnología / Humberto Mayo

IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS A LOS PROBLEMAS EN LA **CUENCA DEL RÍO MAIPO**

6% DESASTRES NATURALES

- Incremento de eventos extremos.
- Asentamientos en zonas de aluviones e inundaciones.
- Aumento impermeabilización del suelo.

12% DAÑO AMBIENTAL

- Degradación y baja de caudales ecológicos para sostener ecosistemas hídricos.
- Ecosistemas acuáticos desprotegidos y/o con fiscalización deficiente.
- Cambio uso de suelo.

19% GESTIÓN HÍDRICA Y GOBERNANZA

- Falta de:
- Información.
 - Coordinación/institucionalidad.
 - Fiscalización.
 - Marco normativo adecuado para GIRH.
 - Confianza/transparencia.

CONTAMINACIÓN DEL AGUA 24%

- Contaminación difusa desde la agricultura, zonas urbanas y pasivos mineros.
- Profundización de pozos.
- Descarga de aguas residuales.
- Intrusión salina.

AUMENTO DEMANDA 21%

- Aumento de demanda agrícola y consumo humano.
- Aumento extracción de agua en acuíferos.

DISMINUCIÓN OFERTA 18%

- Cambios en la cantidad y temporalidad del caudal superficial del río.
- Disminución de aporte (nieve y lluvia).
- Disminución en la recarga de acuíferos por intervención antrópica.



Foto: FdH / Desembocadura Lebu

IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS A LOS PROBLEMAS EN LA **CUENCA DEL RÍO MAULE**

4% OTROS

- Aumento costo de energía, obras eléctricas.
- Aumento costo tratamiento de aguas.

DAÑO AMBIENTAL 2%

- Degradación de ecosistemas hídricos.
- Falta de medidas de conservación.
- Cambio uso de suelo.

9% CONTAMINACIÓN DEL AGUA

- Uso de productos agroquímicos.
- Falta de saneamiento rural.
- Manejo inadecuado de aguas residuales.

GESTIÓN HÍDRICA Y GOBERNANZA 34%

- Falta de:
- Información.
 - Coordinación/institucionalidad.
 - Fiscalización.
 - Marco normativo adecuado para GIRH.
 - Confianza/transparencia.

17% DISMINUCIÓN OFERTA

- Cambios en la cantidad y temporalidad del caudal superficiales del río.
- Regulación de caudales.
- Disminución en la recarga de acuíferos por intervención antrópica.

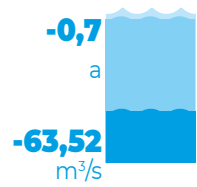
AUMENTO DEMANDA 34%

- Aumento actividad agrícola.
- Sobre otorgamiento DAA.
- Aumento extracción de agua en acuíferos.
- Actividad forestal.

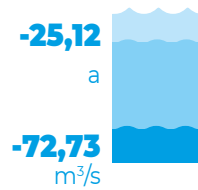
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA RESPECTO A LA BRECHA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO MAIPO



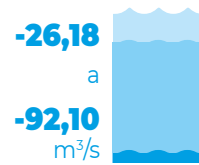
Caso más desfavorable de $-63,52 \text{ m}^3/\text{s}$ en subcuenca 9*, mes de marzo.



Caso más desfavorable de $-72,73 \text{ m}^3/\text{s}$ en subcuenca 9*, mes de marzo.

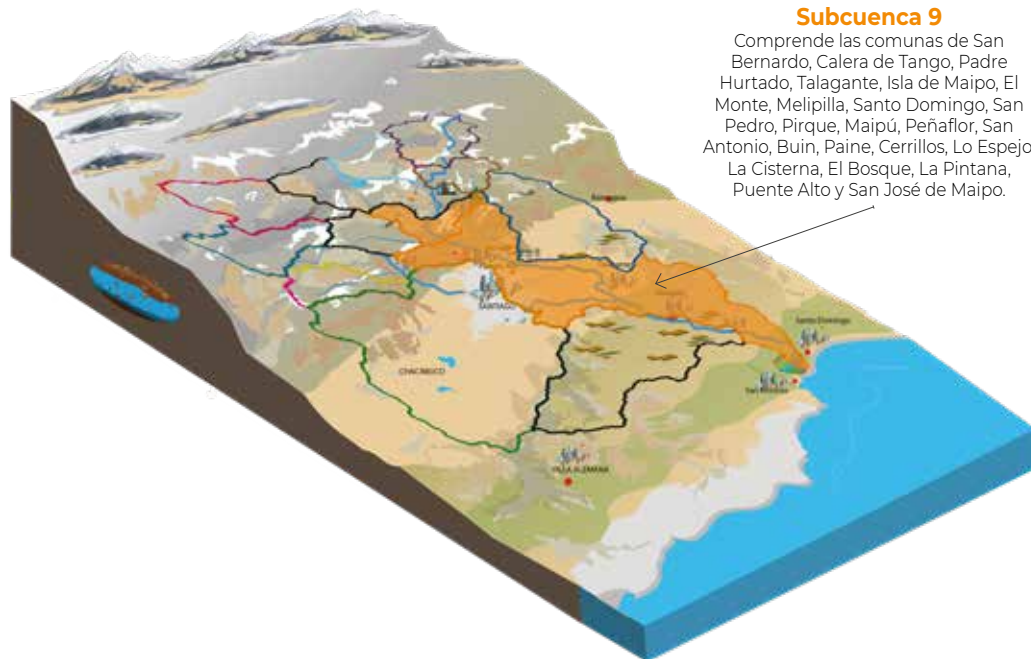


Caso más desfavorable de $-92,10 \text{ m}^3/\text{s}$ en subcuenca 9*, mes de marzo.



Fuente: Elaboración propia, basada en estudio realizado por CEA, 2022.

Nota: Cabe resaltar que en la proyección realizada al 2035 y 2050, se considera el escenario 8.5 de cambio climático, manteniendo la demanda actual sin proyección de crecimiento.



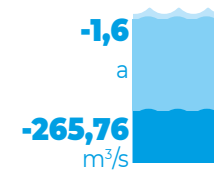
Subcuenca 9

Comprende las comunas de San Bernardo, Calera de Tango, Padre Hurtado, Talagante, Isla de Maipo, El Monte, Melipilla, Santo Domingo, San Pedro, Pirque, Maipú, Peñaflo, San Antonio, Buin, Paine, Cerrillos, Lo Espejo, La Cisterna, El Bosque, La Pintana, Puente Alto y San José de Maipo.

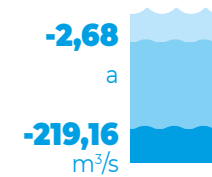
RESULTADOS DEL ÍNDICE DE SEGURIDAD HÍDRICA RESPECTO A LA BRECHA HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO MAULE



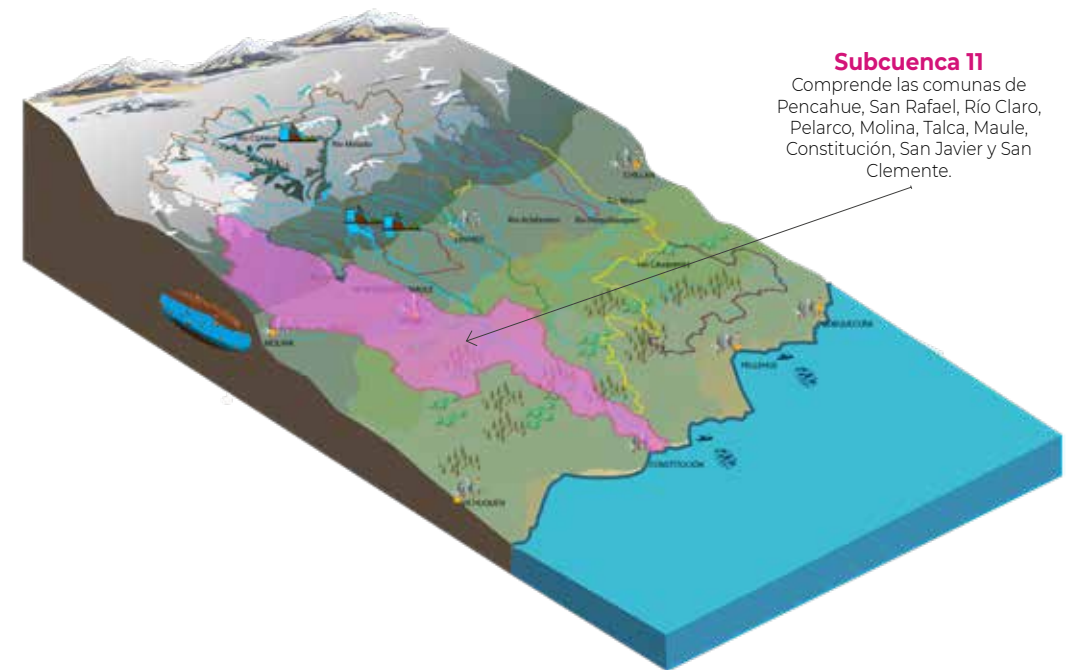
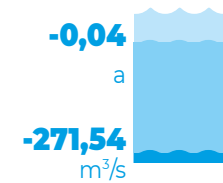
Caso más desfavorable de $-265,76 \text{ m}^3/\text{s}$ en subcuenca 11, mes de enero.



Caso más desfavorable de $-219,16 \text{ m}^3/\text{s}$ en subcuenca 11, mes de enero.



Caso más desfavorable de $-271,54 \text{ m}^3/\text{s}$ en subcuenca 11, mes de enero.



Subcuenca 11

Comprende las comunas de Péncahue, San Rafael, Río Claro, Pelarco, Molina, Talca, Maule, Constitución, San Javier y San Clemente.

En las dos cuencas hay un gran potencial de regeneración de los ecosistemas, con la consiguiente reparación del ciclo del agua.

	CUENCA DEL MAIPO:	CUENCA DEL MAULE:
<p>BOSQUE ESCLERÓFILO Y ZONAS DE ALTA RECARGA A LOS ACUÍFEROS.</p> <p>Se recomienda conservar estos lugares por su actual aporte al ciclo hídrico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Existen 433.868 ha que generan entre 9,01 m³/s a 64,94 m³/s, 	<ul style="list-style-type: none"> Existen 157.254 ha que generan entre 50,84 m³/s a 75,83 m³/s,
<p>ZONAS DE REPARACIÓN ESTRATÉGICAS.</p> <p>Se recomienda que sus componentes ambientales deben ser restaurados para la Seguridad Hídrica al 2050, compatibilizando la reparación de los ecosistemas con los usos productivos actuales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Hay 282.217 ha que podrían repararse, aportando entre 0,165 m³/s a 10,13 m³/s. 	<ul style="list-style-type: none"> Hay 40.503 ha que podrían repararse, aportando entre 1,81 m³/s a 16,33 m³/s.
<p>ÁREAS VERDES URBANAS.</p> <p>Se recomienda reducir su uso, debido a que 1 m² de pasto consume 7 Litros de agua al día; casi cuatro veces lo recomendado para el consumo diario de una persona al día.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Existen 3.909 ha de que pueden reducir su consumo de agua en 1,36 m³/s. 	<ul style="list-style-type: none"> Existen 319 ha de áreas verdes urbanas que pueden reducir su consumo de agua en 0,08 m³/s.
<p>EFICIENCIA RIEGO AGRÍCOLA.</p> <p>Se recomienda avanzar en la implementación de diversas medidas de eficiencia hídrica para el riego.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Hay 162.965 ha de zonas agrícolas (cultivos), que pueden aportar 23,46 m³/s. 	<ul style="list-style-type: none"> Hay 315.330 ha de zonas agrícolas (cultivos), que pueden aportar 51,8 m³/s.

De no aprovechar estas condiciones favorables para la regeneración, la amenaza a la Seguridad Hídrica será creciente.

Al agregar el aporte de las 124 **MAS** (Medidas, Acciones, Soluciones) en las cuencas (61 en el Maipo y 63 en el Maule) la Seguridad Hídrica empieza a ser una proyección real a 2035 y 2050, cubriendo la brecha en casi la totalidad del territorio, quedando algunas subcuencas con desafíos que deben ser analizados con mayor detención. Para ello, se recomienda realizar un proceso multisectorial que impulse una adecuada toma de decisiones.

En la cuenca del río Maipo, del conjunto de 61 **MAS** seleccionadas, las medidas de eficiencia y uso estratégico del recurso aportan el 79% del agua, seguidas por las SbN y ancestrales con un aporte del 19%.

En la cuenca del río Maule, del conjunto de 63 **MAS** seleccionadas, las SbN y ancestrales aportan el 53% del agua, seguidas por las medidas de eficiencia y uso estratégico del recurso con un 46%.

Todo ello demuestra que, aplicando las hojas de ruta co-construidas y las **MAS** seleccionadas para cada cuenca, es posible transformar el curso de los acontecimientos y no simplemente dejarse llevar por la corriente, llegando al escenario tendencial proyectado.

Proponemos otro final para estos territorios, uno donde las actividades productivas, los ecosistemas y las personas puedan desarrollarse con el agua que requieren para su sustento. Llegar a ese destino pasa necesariamente por un proceso de regeneración de cuencas y restauración del ciclo hídrico, con una mirada sistémica de la cuenca, donde todos los actores y usuarios asuman su responsabilidad en conservar el recurso.

El país requiere una transición hídrica para adaptarnos al nuevo escenario de escasez hídrica, esta transición no será posible sin la implementación de un conjunto de medidas, acciones y soluciones concretas.

Llegó el tiempo de implementar la regeneración de los territorios, para y por el futuro del agua y sus fuentes naturales asociadas.

EJES DE LA TRANSICIÓN HÍDRICA



124 MAS

Conjunto de soluciones seleccionadas por los territorios en la cuenca del Maipo y Maule.



Reflexiones finales

Foto: Diego Luna Q. / Vegas arriba El Veso, río Maipo.

REFLEXIONES

“No hay otro camino, decimos, cuando en verdad hay tantos como radios cabe trazar desde un centro”

Henry David Thoreau (1817-1862)

LA SOLUCIÓN ESTÁ EN NUESTRAS MANOS

Tras haber desarrollado este proceso participativo en medio de una severa crisis hídrica, es posible señalar que los principales factores para resolver esta situación están a nuestro alcance y dependen de nosotros.

Es imprescindible que seamos capaces de replantear nuestra relación con los recursos hídricos, donde más allá de compartir los problemas pasemos a los acuerdos políticos necesarios para implementar soluciones con sentido de urgencia. Para esto, el rol del Estado es fundamental; sin embargo, su ausencia -en parte debido a una falta de atribuciones- ha generado una significativa falta de liderazgo político y técnico, lo que ha impedido actuar decididamente hacia las soluciones de forma coordinada, oportuna y con una visión compartida.

Por otro lado, hemos visto que los usuarios tampoco han sido capaces de construir acciones sostenibles en el tiempo de manera articulada, lo que constituye una barrera para transitar hacia una solución integral de los problemas en el territorio. En efecto, se pueden observar esfuerzos en diferentes cuencas del país que terminan siendo acuerdos entre algunos usuarios o secciones para resolver problemáticas puntuales en el tiempo y en el territorio, pero sin la participación de todos los involucrados y carente de una mirada sistémica. Si bien es cierto que este tipo de esfuerzos pueden ser una solución transitoria y sectorial de resultado positivo, no son

sostenibles, no solo porque no resuelven el problema principal (disminución sostenida de precipitaciones y demanda creciente de agua) sino que, al no involucrar a la totalidad de los usuarios del agua de la cuenca, benefician a algunos afectando a otros tarde o temprano.

La institucionalidad y una buena gobernanza es uno de los factores habilitantes por excelencia para que las soluciones lleguen a todos en los territorios. Sin embargo, hoy estos factores son, más bien, parte del problema.

Desde el hito que constituyó la publicación **“Transición Hídrica”** en junio 2019, Escenarios Hídricos 2030 hizo dos apuestas estratégicas;

i) avanzar decididamente en construir hojas de ruta con soluciones para las cuencas, comenzando con las de los ríos Maipo y Maule y

ii) desarrollar una propuesta de nueva institucionalidad hídrica en base a acuerdos.

Al avanzar en la cuantificación de la brecha y el riesgo hídrico que el conjunto de soluciones debía atender en los territorios de Maipo y Maule, pudimos constatar, en base a la mejor información disponible y con nuestros equipos de especialistas, la severidad de la sequía que mostraban los datos y los análisis. Con el precedente de la **Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile** que publicamos en el 2018, volvimos a evidenciar la profundidad de la sequía que nos aqueja, de la escasez de agua que sufrimos y de un sistema de gestión que no mide ni previene los efectos sobre las fuentes naturales de agua, los reservorios y los ecosistemas asociados. Menos aún y

como ya hemos señalado al inicio, el sistema imperante en el país no permite generar los liderazgos necesarios para construir soluciones compartidas y construir de manera colectiva una estrategia de salida a la emergencia.

Los análisis nos hicieron ver, de manera empírica, que la mirada tradicional de las soluciones técnico-económicas generó un efecto inverso que termina poniendo en jaque el desarrollo productivo, siendo los grandes consumidores los que tienen una mayor responsabilidad tanto en el riesgo hídrico como en la solución. Si bien no depende sólo de los grandes consumidores, mientras no logremos desacoplar la demanda de agua del crecimiento económico, trabajando de manera colaborativa a nivel de cuenca, no podremos avanzar en la tan anhelada seguridad hídrica. Se requiere por sobre todas las cosas de un cambio cultural en el sector productivo. A pesar del historial de desencuentros que se registran en las diferentes cuencas, debemos derrotar las desconfianzas entre los grandes usuarios y los medianos y pequeños. Tenemos que mirar hacia adelante, construyendo nuevas estructuras para tomar decisiones

colectivas, más democráticas, más horizontales. Colaborar implica, en este caso, mirarnos y reconocernos como observadores de distintas realidades y cruzar la frontera desde los intereses particulares hacia el interés colectivo.

Pero también necesitamos reparar, regenerar y sanar nuestros territorios degradados, poniendo el ciclo del agua en las cuencas por delante, como pilar de base para la seguridad hídrica, la resiliencia y desarrollo de las comunidades.

El agua baja de cordillera a costa a través de la cuenca y esa es la unidad base de gestión.

La forma de resolver los conflictos de manera exitosa debe considerar una sola unidad de intervención. No es posible gestionar por secciones de ríos, parte de la cuenca o parte de los usuarios. Las soluciones dependen de nosotros. Tenemos la posibilidad de cambiar el destino de las fuentes naturales de agua y de los ecosistemas hídricos que nos quedan, repararlos y protegerlos en beneficio de las comunidades, actuales y futuras. La regeneración y resiliencia de los sectores productivos requiere la transformación de sus procesos, para que demanden menos agua.

Se necesita impulsar sistemas sustentables de almacenamiento del agua para momentos de escasez y desarrollar soluciones multipropósito de generación de nuevas fuentes de agua, que produzcan la menor cantidad de externalidades negativas ambientales, sociales y económicas posibles, y que a la vez sean capaces de sustentar las actividades en los territorios.


Las hojas de ruta presentadas por Escenarios Hídricos 2030

en esta publicación, fueron construidas de manera colectiva con más de 300 organizaciones públicas, privadas, sociales, académicas y ONGs, convocando a más de 700 personas. Se pone a disposición de Chile un bien público, bajo el formato de hoja de ruta que señala soluciones y herramientas para las cuencas de los ríos Maipo y Maule, y que a la vez sirve como un modelo que puede ser implementado en otros territorios de nuestro país.

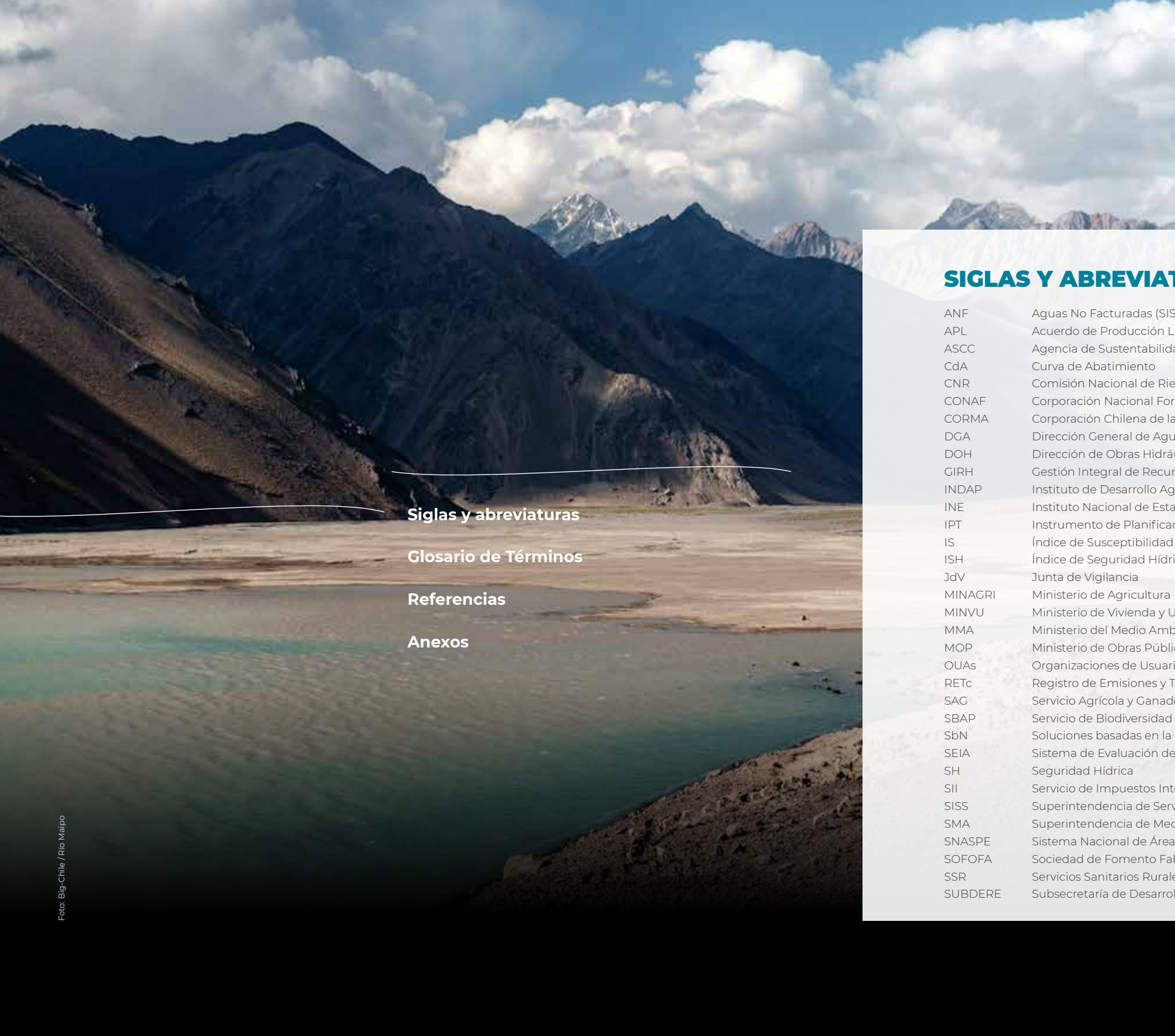
Lo que nos convoca en Escenarios Hídricos 2030 ahora es pasar a la acción, sin paradas intermedias, integrando las iniciativas existentes y sumando esfuerzos para implementar soluciones que se hagan cargo

del desarrollo de todos los usuarios de la mano de la naturaleza, cuyas capacidades debemos sanar. Apostamos por recuperar a la pequeña y mediana agricultura que sostiene nuestra alimentación en el día a día y trabajaremos junto a las comunidades locales para sostener la actividad rural que diversifica y enriquece nuestra economía y nuestra cultura. Pero lo más importante es que lo haremos en el territorio, donde está el conocimiento tradicional, las cosmovisiones y la sabiduría local, haciendo uso de la innovación y tecnología para aumentar nuestro impacto.

La seguridad hídrica no puede seguir esperando. Es por eso que, bajo el concepto de Cuencas Regenerativas apostamos por una nueva forma de relacionarnos con los recursos hídricos, con cantidad y calidad de agua suficiente para la salud de las comunidades, la subsistencia, los ecosistemas y el desarrollo productivo. Es esta entonces una invitación directa y un llamado abierto y amplio a todas aquellas instituciones y sectores que tengan la voluntad y el interés de comprometerse y colaborar con la implementación de estas hojas de ruta.



Las soluciones están en nuestras manos;
el futuro lo debemos construir
todos y todas desde hoy.



Siglas y abreviaturas

Glosario de Términos

Referencias

Anexos

SIGLAS Y ABREVIATURAS

ANF	Aguas No Facturadas (SISS, 2020)
APL	Acuerdo de Producción Limpia
ASCC	Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático
CdA	Curva de Abatimiento
CNR	Comisión Nacional de Riego
CONAF	Corporación Nacional Forestal
CORMA	Corporación Chilena de la Madera.
DGA	Dirección General de Aguas
DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
GIRH	Gestión Integral de Recursos Hídricos
INDAP	Instituto de Desarrollo Agropecuario
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
IPT	Instrumento de Planificación Territorial
IS	Índice de Susceptibilidad
ISH	Índice de Seguridad Hídrica
JdV	Junta de Vigilancia
MINAGRI	Ministerio de Agricultura
MINVU	Ministerio de Vivienda y Urbanismo
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MOP	Ministerio de Obras Públicas
OuAs	Organizaciones de Usuarios de Agua
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
SAG	Servicio Agrícola y Ganadero
SBAP	Servicio de Biodiversidad y Áreas Protegidas
SbN	Soluciones basadas en la Naturaleza
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SH	Seguridad Hídrica
SII	Servicio de Impuestos Internos
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SMA	Superintendencia de Medio Ambiente
SNASPE	Sistema Nacional de Áreas Silvestres del Estado
SOFOFA	Sociedad de Fomento Fabril
SSR	Servicios Sanitarios Rurales
SUBDERE	Subsecretaría de Desarrollo Regional

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Área Aportante	Corresponde a la superficie cuyos flujos contribuyen al flujo total en el nodo de calibración
Área de Influencia	“Área o espacio geográfico, cuyos atributos, elementos naturales o socioculturales deben ser considerados con la finalidad de definir si el proyecto o actividad genera o presenta alguno de los efectos, características o circunstancias del artículo 11 de la Ley 19.300, Bases generales del medio ambiente, Ministerio Secretaría General de la Presidencia, o bien para justificar la inexistencia de dichos efectos, características o circunstancias”. (Ref. Decreto 40 Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente)
Beneficio Anual	Beneficio neto anual corresponde al valor económico de lo que obtiene un emprendimiento en el periodo de un año, pudiendo ser positivo o negativo; corresponde a la diferencia de los Ingresos menos los Egresos (costos).
Brecha Hídrica	Indicador que muestra la relación entre la demanda potencial de agua y la oferta hídrica disponible en las fuentes de abastecimiento (EH2030, 2018). Cuando la demanda supera la oferta existe Brecha Hídrica que se debe gestionar.
Caudal Ambiental	Es aquel que, además del caudal ecológico, considera los requerimientos para el resto de los servicios ecosistémicos provistos por el río, aguas abajo de la estación de control (CEA, 2022).
Caudal Ecológico	Son los requerimientos del ecosistema del río y se representa por los requerimientos de hábitats de la fauna íctica y macroinvertebrados bentónicos (CEA, 2022).
Costo unitario	Es el costo total dividido por la cantidad de unidades producidas. En este manual se refiere al costo total de implementación de cada solución según la potencialidad del territorio, dividido por el aporte volumétrico de agua de aporte que generaría la implementación de la misma.
Cuenca hidrográfica	Es la unidad base para la gestión de las intervenciones que el ser humano hace sobre el ciclo del agua, comprendiendo todo el territorio drenado por un río y sus afluentes, delimitado por la línea de cumbres llamada divisora de aguas, que marca el límite entre dos cuencas. La cuenca drena sus aguas al mar u otro cuerpo de agua, a través de diferentes cauces que convergen en un cauce principal, el cual da nombre a la cuenca. Conforman la cuenca tanto los cuerpos de agua -ríos, lagos, arroyos, humedales- como los suelos, sus coberturas y usos, sean estos cultivos, bosques, ciudades, etc. Así, todos los habitantes del mundo viven en cuencas hidrográficas. (EH2030, 2021).
Cuencas Regenerativas	Cuencas regenerativas es un concepto que amplía las fronteras de "cuencas sustentables" que sugiere mejorar la relación humana con la naturaleza, buscando que las acciones y/o prácticas realizadas en los territorios tengan una visión integral, sistémica y adaptable, pero por sobre todo que generen el escenario idóneo para que los ecosistemas

utilicen su potencial sustentable y capacidad regenerativa para adaptarse a los cambios actuales y futuros. (Escenarios Hídricos 2030).

Curva de Abatimiento	Es una gráfica con información referencial que permite identificar el conjunto de soluciones requeridas para abordar los problemas en los territorios, mostrando el impacto que genera cada una de ellas en m ³ de agua y sus costos unitarios, facilitando así la toma de decisiones.
Ecosistemas prioritarios	Los ecosistemas prioritarios para la conservación y reparación tienen relación con su valor esencial en la regulación del sistema hídrico, principalmente por su aporte en cantidad de agua, su capacidad para la recarga de acuíferos, sus funciones estructurales en los procesos de las cuencas y su capacidad de generar resiliencia al cambio climático en los territorios.
HESMASH	Herramienta Estratégica para Selección de Medidas, Acciones y Soluciones Hídricas. Consta de un manual, disponible en la web www.escenarioshidricos.cl , y una matriz multicriterio que debe ser solicitada en la misma página web (EH2030, 2022).
Hoja de Ruta	Conjunto de metas a conseguir en un tiempo y territorio determinado, para abordar la Brecha y Riesgo Hídrico. Estas metas son logradas a través de acciones y/o soluciones hídricas acordes a las necesidades locales.
Índice de Seguridad Hídrica	Corresponde a un valor numérico que busca aproximar e identificar cuánta es el agua requerida en tiempo y espacio territorial de una cuenca hidrográfica, necesaria para asegurar el agua para los diversos usos, incluyendo el ecológico y ambiental.
Índice de Susceptibilidad	Este método permite identificar las zonas donde el riesgo de contaminación por infiltración del agua es mayor, teniendo en cuenta la relación entre las características naturales de la cuenca y la presión humana en el uso del suelo.
Inversión	Una inversión es una actividad que consiste en dedicar recursos con el objetivo de obtener un beneficio de cualquier tipo. Se refiere también al acto de postergar el beneficio inmediato del bien invertido por la promesa de un beneficio futuro más o menos probable. Una inversión es una cantidad limitada de dinero que se pone a disposición de terceros, o de un conjunto de acciones, con la finalidad de que se incremente con las ganancias que genere ese proyecto.
MAS	Medidas, Acciones y Soluciones para la Seguridad Hídrica (EH2030, 2019).
Relación Beneficio/Costo	Es un criterio para indicar la viabilidad económica de un proyecto, por medio del cociente entre sus Ingresos y sus egresos (costos) y cuyo valor, cuando es superior a 1, indica que el proyecto es viable económicamente
Riesgo Hídrico	Posibilidad que ocurra un daño social, ambiental y/o económico en un territorio o periodo de tiempo determinado, derivado de la cantidad y calidad del agua disponible para su uso (EH2030, 2018).
Servicios Ecosistémicos	Es la contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano (TEEB 2014) http://teebweb.org/

Soluciones o prácticas ancestrales	Son conocimientos y prácticas desarrolladas por comunidades locales a través del tiempo y por generaciones para comprender y manejar sus propios ambientes locales con el fin de incrementar la resiliencia de su entorno natural y, en este caso, referidas a la gestión del agua (EH2030, 2019).
Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN)	Son acciones dirigidas a proteger, gestionar y restaurar de manera sostenible ecosistemas naturales o modificados, que hacen frente a retos de la sociedad de forma efectiva y adaptable, proporcionando simultáneamente bienestar humano y beneficios de la biodiversidad (Resolución 069 de la UICN WCC, 2016).
Soluciones de eficiencia hídrica	Medidas que tienen por objetivo reducir la demanda hídrica a través de la optimización del uso del recurso.
Valoración Económica de los Servicios Ecosistémicos	La valoración económica de los servicios ecosistémicos parte de determinar los valores intrínsecos de los recursos naturales que benefician directa o indirectamente a las personas. Calcular o aproximar el valor de un ecosistema permitirá estimar la capacidad de los ecosistemas de mantener su integridad, es decir, de seguir conservando un flujo de servicios continuo y de producir servicios que puedan ser disfrutados por la población (Wicha et al., 2022).
VAN	El indicador plantea que el proyecto debe ser aceptado si su Valor Actual Neto es igual o superior a cero; corresponde a la diferencia entre todos los ingresos y egresos durante el horizonte de evaluación, expresados en moneda actual. Como criterio representa una medida de valor o riqueza, es decir, al ser calculado, se busca determinar cuánto valor o desvalor generaría un proyecto para una entidad o inversionista en el caso de ser realizado el proyecto.
WetSpass	Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere Model (WetSpass). Modelo de balance de agua distribuido espacialmente para simular promedios anuales o estacionales de recarga de agua subterránea, evapotranspiración, escorrentía e interceptación. Corresponde a un modelo especialmente adecuado para estudiar los efectos a largo plazo de los cambios de uso del suelo en el régimen hídrico de una cuenca ⁷ .
Zona de Conservación	Zonas que actualmente permiten sostener el ciclo hídrico en la cuenca y deben ser mantenidas.
Zona de Reparación	Zonas que actualmente tienen usos productivos, sin embargo, sus componentes ambientales deben ser reparados para la Seguridad Hídrica al 2050.

7. https://www.researchgate.net/publication/251732752_WetSpass_A_flexible_GIS_based_distributed_recharge_methodology_for_regional_groundwater_modelling https://www.vub.be/WetSpa/introduction_wetpass.htm

REFERENCIAS

- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s.f.). HidroBiblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s.f.). Hidrografía Región del Maule. Disponible en URL: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region7/hidrografia.htm>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s.f.). Hidrografía Región Metropolitana de Santiago. Disponible en URL: <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region13/hidrografia.htm>
- Centro de Cambio Global UC. (2019). Análisis situacional: principales problemas en seis cuencas de Chile. Estudio realizado para EH2030, Santiago, Chile. Disponible en URL: https://escenarioshidricos.cl/wp-content/uploads/2020/06/ccg-uc_informe_arbolproblema_eh2030_final-1.pdf.
- Centro del Clima y la Resiliencia- CR2. (s.f.). Datos de caudales. Disponible en URL: <http://www.cr2.cl/datos-de-caudales/>
- Centro del Clima y la Resiliencia-CR2. (2018). Simulaciones climáticas regionales. Informe de resultados de simulaciones regionales como parte del proyecto "Simulaciones climáticas regionales y marco de evaluación de la vulnerabilidad". Disponible en URL: <http://www.cr2.cl/simulaciones-climaticas-regionales-cr2/>.
- Denjean, B., Altamirano, M. A., Graveline, N., Bresch, D., Van der Keur, P., Moncoulon, D., ... & Pengal, P. (2017). Natural Assurance Scheme: A level playing field framework for Green-Grey infrastructure development. *Environmental research*, 159, 24-38
- Dirección General de Aguas- DGA. (2005). Evaluación de los recursos hídricos superficiales de la cuenca del río Maule. Disponible en URL: <http://documentos.dga.cl/SUP4377.pdf>
- Duhart, D. (2019). Levantamiento de información y complemento de condiciones habilitantes de tipo legal- institucional seleccionadas. Estudio realizado para EH2030, Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

- Escenarios Hídricos 2030- EH2030. (2022). Manual HESMASH, herramienta estratégica para solución de medidas, acciones y soluciones. Fundación Chile, Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia
- Escenarios Hídricos 2030- EH2030. (2021). Gobernanza desde las cuencas: Institucionalidad para la Seguridad Hídrica en Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia
- Escenarios Hídricos 2030- EH2030. (2019a). Transición Hídrica: El futuro del agua en Chile. Fundación Chile, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia
- Escenarios Hídricos 2030- EH2030. (2019b). MAS Seguridad Hídrica. Medidas, Acciones y Soluciones. Fundación Chile, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia
- Escenarios Hídricos 2030- EH2030. (2018). Radiografía del Agua: Brecha y Riesgo Hídrico en Chile. Fundación Chile, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia
- Figueroa, A. y Bruna, S. (2019). Calificación Ambiental de las soluciones contenidas en las fichas MAS Informe 2 /evaluación cualitativa de impactos ambientales de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio realizado para EH2030, Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia
- Galleguillos, M., Zambrano, M., Puelma, C. y Jopia, A. (2017). Evaluación espacio-temporal del déficit hídrico para las cuencas de Chile a partir de información satelital. Santiago, Chile. Iniciativa Escenarios Hídricos 2030. Disponible en URL: <http://escenarioshidricos.cl/multimedia/>
- Garreaud, R., Alvarez-Garretón, C., Barichivich, J., Boisier, J., Christie, D., Galleguillos, M., Zambrano- Bigiarini, M. (2017). The 2010–2015 megadrought in central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation. *ydrol. Earth Syst. Sci.*, 21, 6307–6327. Disponible en URL: <https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017>, 2017.
- Global Water Partnership- GWP. (2021). GWP Toolbox. Disponible en URL: <https://www.gwptoolbox.org/learn/iwrm-tools>

Gobierno de Chile. (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile. Actualización 2020. Disponible en URL: https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/08/NDC_2020_Espanol_PDF_web.pdf

Hanson, Craig et al. 2011. Forests for water: exploring payments for watershed services in the US south." World Resources Institute Issue Brief, Issue 2, Pp15.

Herrera, L. (2019). Evaluación cualitativa de impactos sociales de las medidas, acciones y soluciones (MAS). Estudio realizado para EH2030, Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Instituto Nacional de Hidráulica- INH. (2016). Análisis de requerimientos de largo plazo en infraestructura hídrica. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente - MMA. (2021). Estrategia climática de largo plazo de Chile. Camino a la carbono neutralidad y resiliencia a más tardar al 2050. Disponible en URL: <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/11/ECLP-LIVIANO.pdf>

Nascimento, J. y Barreiras, N. (2021). Estimación de la recarga en la cuenca del río Maule y Maipo a través del modelo Wetspass. Estudio realizado para EH2030, Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Organización de las Naciones Unidas - ONU. (s.f.). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Recuperado Marzo de 2022, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

Peña, H. (2019). Análisis de las condiciones habilitadoras de las medidas acciones y soluciones (MAS). Estudio realizado para EH2030, Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Pliscoff, P. (2020). Análisis del estado actual de los ecosistemas terrestres asociados a dos cuencas en Chile central: Maipo y Maule. Estudio realizado para EH2030, Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

Superintendencia de Servicios Sanitarios - SISS. (2021). Oficio ORD. Nro.3506 del 09 de diciembre del 2021. Santiago, Chile.

Superintendencia de Servicios Sanitarios - SISS. (2020). Informe de Gestión del Sector Sanitario. Disponible en URL: https://www.siss.gob.cl/586/articles-19431_recurso_1.pdf

Swiss Re. (2021). The economics of climate change: no action not an option. Zurich, Switzerland. Disponible en URL: <https://www.swissre.com/dam/jcr:e73ee7c3-7f83-4c17-a2b8-8ef23a8d3312/swiss-re-institute-expertise-publication-economics-of-climate-change.pdf>

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza- UICN. (2016). Definición de las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN). WCC, Resolución 069_SP. Disponible en URL: https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_EN.pdf.

Wicha, J., Kern, W., Marchant, R. y Opazo, D. (2022). Estudio complementario relativo a evaluación de impacto socio ambiental y económico de medidas, acciones y soluciones (mas) en las cuencas de ríos Maipo y Maule. Estudio realizado para EH2030, Santiago, Chile. Disponible en URL: www.escenarioshidricos.cl/multimedia

World Resource Institute- WRI. (2014). World's 18 Most Water-Stressed Rivers. Disponible en URL: <https://www.wri.org/blog/2014/03/world-s-18-most-water-stressed-rivers>

ANEXOS

- ANEXO 1. Análisis situacional: principales problemas en seis cuencas de Chile. (Centro de Cambio Global UC, 2019).
- ANEXO 2. Manual HESMASH, herramienta estratégica para solución de medidas, acciones y soluciones. (EH2030, 2022).
- ANEXO 3. Aplicación de metodologías de estrategias de conservación: Cuencas piloto de los ríos Maipo y Maule. (CEA, 2022).
- ANEXO 4. Análisis del estado actual de los ecosistemas terrestres asociados a dos cuencas en Chile central: Maipo y Maule. (Pliscoff, 2020).
- ANEXO 5. Estimación de la recarga en la cuenca del río Maule y Maipo a través del modelo Wetspass. (Nascimento y Barreiras, 2021).
- ANEXO 6. Proceso de Construcción Colectiva. (EH2030, 2022).
- ANEXO 7. Estudio complementario relativo a evaluación de impacto socio ambiental y económico de medidas, acciones y soluciones (mas) en las cuencas de ríos Maipo y Maule. (Wicha et al., 2022).

Anexos disponibles en: www.escenarioshidricos.cl

AGRADECIMIENTOS

Este proceso fue posible gracias al gran compromiso y contribución de representantes de diversas instituciones público-privadas, academia y organizaciones ciudadanas que participaron de la iniciativa Escenarios Hídricos 2030 (EH2030).

EH2030 reconoce y agradece el aporte de cada una de las personas e instituciones que trabajaron y colaboraron activamente en la construcción de esta publicación. Se agradece especialmente a las entidades financieras de la iniciativa EH2030, ZOMA LAB y Banco Interamericano de Desarrollo, cuyo apoyo ha sido fundamental para concretar el proceso y lograr los objetivos propuestos.

PROFESIONALES Y ESPECIALISTAS

Alejandro Aguado (Centro de Ecología Aplicada- CEA)
Alex Godoy (Universidad del Desarrollo)
Alfredo Villalobos (Centro de Ecología Aplicada- CEA)
Andrés Gutiérrez (Abogado)
Camila Martínez (Fundación NEWENKO)
Diego Rivera (Universidad del Desarrollo)
Elisa Blanco (Pontificia Universidad Católica de Chile)
Evelyn Vicioso (Fundación Newenko)
Felipe De la Hoz (Centro del Agua- Universidad de Concepción)
Gabriel Arancibia (Fundación NEWENKO)
Gabriel Caldes (Consultor FCH- Independiente)
Guillermo Donoso (Pontificia Universidad Católica de Chile)
Joao Nascimento (WaterWays)
Jorge Wicha (Universidad Mayor)
José María Peralta (Centro de Ecología Aplicada- CEA)
Juan José Crocco (Consultor FCH- Independiente)
Juan Esteban Buttazzoni (FS Abogados)
Manuel Contreras (Centro de Ecología Aplicada- CEA)
Marcelo Mardones Osorio (Abogado)
Mariela Arévalo (Consultor FCH- Independiente)
María Ignacia Mardones (Fundación NEWENKO)
Martin Vatter (Fundación NEWENKO)
Natalia Julio (Fundación NEWENKO)
Nicolás Cannoni (Consultor NEWENKO)
Nuno Barreiras (WaterWays)
Pablo Aranda Valenzuela (Fundación NEWENKO)
Paola Reyes (Fundación NEWENKO)
Paula Candia (Fundación NEWENKO)
Patricio Pliscoff (Pontificia Universidad Católica de Chile)
Viviana Cavilan (Centro del Agua - UdeC)
Viviana Reyes (Fundación NEWENKO)
Werther Kern (Consultor Independiente)

PARTICIPANTES DEL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN- EH2030

Alejandra Becerra (Ministerio de Vivienda y Urbanismo- MINVU)
Alejandra Figueroa (Corporación Capital Biodiversidad)
Alejandra Stehr (Centro EULA – Universidad de Concepción)
Alejandro Antúnez (INIA La Platina)
Alex Fabio Paco Narváez (Autoridad Nacional del Agua)
Amerindia Jaramillo (Ministerio del Medio Ambiente)
Ana Carolina Baeza (Centro EULA – Universidad de Concepción)
Andrea Mohr (Corporación de Fomento de la Producción- CORFO)
Andrea Osses (Dirección General de Agua- DGA)
Aníbal Pauchard (Universidad de Concepción)
Axel Charles Dourojeanni (Consultor)
Bárbara Stubing (Pontificia Universidad Católica de Chile)
Bastián Oñate (Fundación Plantae)
Bernardo Reyes (Ética en los Bosques)
Boris Jelincic (Fundación Fraunhofer Chile Research)
Camila Álvarez (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia- CR2)
Camila Boettiger Philips (Universidad del Desarrollo)
Camila Montes (COCHILCO)
Carla Haschelevici (Israelí Economic Mission)
Carlos Arias (Banco Interamericano de Desarrollo- BID)
Carlos Cruz (Consejo de Políticas de Infraestructura- CPI)
Carlos Descourvières (Chilealimentos)
Carlos Estévez (Consultor)
Carlos Guerra-Correa (Independiente)
Carlos Ladrix (Corporación de Fomento de la Producción- CORFO)
Carolina Rojas (Pontificia Universidad Católica de Chile)
Catherine Kenrick (Independiente)
Cesar Mattar (Corporación Nacional Forestal- CONAF)
Claudia Papic (Fondo de Agua Santiago Maipo)
Constanza Burrull (CSIRO CHILE)
Cristina Girardi (Congreso Nacional)
Daniel Errazuriz (Ministerio de Vivienda y Urbanismo- MINVU)
Deny Adams (Fraunhofer Chile Research)
Diego Aranibar (Corporación Norte Grande)
Eduardo Bustos (CETAQUA)
Eli Nessim (Banco Interamericano de Desarrollo- BID)
Enrique Galecio (Instituto Nacional de Hidráulica- INH)
Enrique Osorio (Dirección General de Agua- DGA)
Federico Errazuriz (Comisión Nacional de Riego- CNR)
Felipe Celedón (Sociedad Nacional de Minería- SONAMI)
Felipe Van Klaveren (Ministerio de Vivienda y Urbanismo- MINVU)
Fernando Jorquera (Fundación Chile- FCH)
Fernando Krauss (Centro de Estudios del Futuro, Universidad de Santiago de Chile)
Fernando Pavez (Red Campus Sustentable)
Fernando Peralta (Confederación de Canalistas de Chile- CONCA)
Fernando Santibáñez (Universidad de Chile)
Francisca Bardi (The Nature Conservancy- TNC)
Francisca Diaz (Ministerio del Medio Ambiente)
Francisca Tondreau (The Nature Conservancy- TNC)
Francisco Donoso (Asociación Nacional de Servicios

Sanitarios- ANDESS)
Francisco Gana (Sociedad Nacional de Agricultura- SNA)
Francisco Oyarce (ARAUCO)
Francisco Saldias (Junta Vigilancia del Río Diguillin y sus Afluentes)
Francisco Sierra (Corporación Chilena de la Madera- CORMA)
Francisco Suárez (CEDEUS - Pontificia Universidad Católica de Chile)
Franco Calderón (Dirección General de Agua- DGA)
Gabriel Mancilla (Centro Regional del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe- CAZALAC)
Gabriel Vega R. (Subsecretaría de Salud Pública)
Gabriel Zamorano (Superintendencia de Servicios Sanitarios- SISS)
Gabriella Bennison (Fundación CSIRO Chile Research)
Giulia Carcasci (Banco Interamericano de Desarrollo- BID)
Gloria Alvarado (Federación Nacional de Agua Potable Rural, FENAPRU)
Gonzalo Pérez (Consejo de Políticas e Infraestructura- CPI)
Graciela Correa (Asociación de Municipalidades de Chile- AMUCH)
Guillermo Aldunate (Confederación de Canalistas de Chile- CONCA)
Guillermo Donoso (Pontificia Universidad Católica de Chile)
Guillermo Saavedra (Federación Nacional de Cooperativas de Servicios Sanitarios- FESAN)
Hadar Shor (Embajada de Israel)
Hernán Blanco (Fundación AVINA)
Hernán Latuz (Independiente)
Ignacio Elzo (Centro de Políticas Públicas UC)
Igor Ruz (Federación Nacional de Cooperativas de Servicios Sanitarios- FESAN)
Jacobo Homsi (Krisol EIRL)
Jarolt Matamoros (Independiente)
Javier Salvatierra (Fundación Plantae)
Javiera Hernández (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias- ODEPA)
Jessica López-Saffie (Asociación Nacional de Servicios Sanitarios- ANDESS)
Jordán Harris (Independiente)
Jorge Ganoza (INIA - Perú)
José Luis Arumi (Departamento de Recursos Hídricos, Universidad de Concepción)
José Luis Romero (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias- ODEPA)
José Moran (Asociación Gremial de Riego y Drenaje- AGRYD)
Juan José Donoso (Ministerio de Medio Ambiente)
Juan Pablo Jaque (Independiente)
Juan Pablo Orrego (ONG Ecosistemas)
Julia Lacal (Banco Interamericano de Desarrollo- BID)
Karina Febre (Superintendencia del Medio Ambiente- SMA)
Leonardo Moreno (Fundación AVINA)
Luis Yampufé (Autoridad Nacional del Agua - Perú)
Maisa Rojas Corradi (Centro de Ciencia del Clima y la Resiliencia- CR2)
Manuel Jara (Comisión Nacional de Riego- CNR)
Marcello Basani (Banco Interamericano de Desarrollo- BID)
Marcia Agurto (Dirección de Obras Hidráulicas- DOH)
María Cristina Betancourt (Sociedad Nacional de Minería-

SONAMI)
María José Gómez (Fundación Chile- FCH)
María Yalena Chávez (Asociación Chilena de Municipalidades- AChM)
Maryann Ramírez (The Nature Conservancy- TNC)
Matías Desmadryl (Independiente)
Mauricio Lorca (Dirección General de Agua- DGA)
Mauro Nalesso (Banco Interamericano de Desarrollo- BID)
Milo Millán (Dirección de Obras Hidráulicas- DOH)
Mónica Martínez (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias- ODEPA)
Mónica Ríos (Ministerio de Obras Públicas- MOP)
Natalia Dasencich (Junta de Vigilancia Río Maipo)
Natalia Escudero (Universidad de Chile)
Oscar Fernández Palacios (Comité Pro-Defensa de la Fauna y Flora)
Oscar Melo (Centro de Derecho y Gestión de Aguas UC)
Pamela Gómez (Dirección de Planeamiento DIRPLAN- MOP)
Patricia Arenas (Dirección de Obras Hidráulicas- DOH)
Patricio Olguín (Asociación Chilena de Municipalidades- AChM)
Paula Noe (Wildlife Conservation Society- WWF)
Paula Román (Instituto de Desarrollo Agropecuario- INDAP)
Peter Kennedy (Fundación Kennedy)
Raúl Muñoz Castillo (Banco Interamericano de Desarrollo- BID)
Ricardo Bosshard (Wildlife Conservation Society- WWF)
Ricardo Duguet (Asociación Chilena de Municipalidades- AChM)
Ricardo Kiblsky (Fundación Chile- FCH)
Ricardo Romo (Dirección de Planeamiento DIRPLAN- MOP)
Rodrigo Farías (Superintendencia de Servicios Sanitarios- SISS)
Rodrigo Maripangui (Fraunhofer Chile Research)
Rodrigo Vargas (Corporación Nacional Forestal- CONAF)
Ronald Mac-Ginty (Colegio de Ingenieros de Chile)
Roque Sáenz (Tambo Roca)
Sandra Camiroaga (Municipalidad de Puente Alto)
Sebastián Jofre (Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático)
Sebastián Vicuña (Centro de Cambio Global UC)
Sergio Jaque (Carcelén Abogados)
Sergio Quiroz (Museo de Historia Natural Valparaíso)
Stanley Best (Instituto de Investigaciones Agropecuarias- INIA)
Teresita Alcántara (ADAPT CHILE)
Tomas Bunster (Ministerio de Obras Públicas- MOP)
Trevor Walter (Wildlife Conservation Society- WWF)
Uri Colodro (Wildlife Conservation Society- WWF)
Verónica Droppelmann (Ministerio del Medio Ambiente- MMA)
Vicente Castillo (Dirección de Obras Hidráulicas- DOH)
Víctor Gálvez (Superintendencia de Servicios Sanitarios- SISS)
Victoria Saud (Corporación Chilena de la Madera- CORMA)
Victoria Gubbins (Ministerio de Hacienda)
Wilfredo Alfaro (Corporación Nacional Forestal- CONAF)

ACTORES QUE CONTRIBUYERON DESDE LOS TERRITORIOS

CUENCA DEL RÍO MAIPO

Adrián Lillo (Consultora ICASS)
Alejandra Millán (Municipalidad de Renca)
Alejandro Infante (Agricultores Cuncumén)
Alejandro Pérez (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral-ESVAL)
Alicia Argomedo (Municipalidad de Colina)
Álvaro Escobar (Unión Agua Potable Rural, Cuenca Río Petorca)
Álvaro Sepúlveda (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral-ESVAL)
Amanda Maxwell (Natural Resources Defense Council- NRDC)
Ana Fuentes (Agua Potable Rural Reina Norte)
Ana Vergara (SEREMI Medio Ambiente, Región Metropolitana)
Andrea Barros (Municipalidad de Colina)
Andrea Becerra (Natural Resources Defense Council- NRDC)
Ángel Ibarra (Comité Agua Potable Rural Campusano La Estancilla)
Annelore Hoffens (Fundación Cosmos)
Antonio Rodríguez (Fundación Amulén)
Arturo Weiss (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral-ESVAL)
Ayla Illiman (Universidad Técnica Federico Santa María)
Bárbara Sandoval (Municipalidad de María Pinto)
Bernardita Álvarez (Independiente)
Bernardo Capino (Consultora ICASS)
Carlos Olivares (Ministerio de Obras Públicas)
Carlos Rivas (Asociación de Municipalidades Parque Cordillera)
Carlos Vera (Gobierno Regional de Valparaíso- GORE)
Carmen Herrera Indo (Ministerio de Obras Públicas- MOP)
Carmen Lacomina (Aguas Andinas)
Carolina Albers (Asociación de Canalistas Canal Huidobro)
Carolina Jiménez (Municipalidad de Providencia)
Carolina Vargas (Fondo de Agua Santiago Maipo)
Caroll Owen (Municipalidad de Peñalolén)
Catalina Cifuentes (ONG Yanapanaku)
Claudia Cortés (SEREMI Medio Ambiente, Región Metropolitana)
Claudia Morales Gómez (Consultora ICASS)
Claudio Alarcón (Municipalidad de Santo Domingo)
Claudio Martínez Urquiza (Municipalidad de Paine)
Claudio Saavedra (Cultiva)
Clemente Godoy (Universidad Adolfo Ibáñez)
Consuelo Herrera (Municipalidad de Lo Barnechea)
Cristian Aburto (Municipalidad de Buin)
Cristian Gutiérrez (ADAPT CHILE)
Cristina Huidobro (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago- GORE)
Cristóbal Alfredo Becerra Díaz (Municipalidad de Renca)
Cristóbal Soto (Consultora ICASS)
Dagoberto Bettancourt (Asociación Canalistas de Pirque)
Daniel Rivero (Corporación de Fomento de la Producción- CORFO)

Daniel San Martín (Municipalidad de Paine)
Daniela Andrade (Municipalidad de Lo Barnechea)
Daniela Meneses (Municipalidad de Buin)
Danisa Olivares (WSP Consulting Chile)
Deborah Raby (Asociación de Municipalidades Parque Cordillera)
Diego Morales (Municipalidad de Buin)
Diego Urrejola (Fundación Cosmos)
Doris Águila (Dirección General de Agua- DGA)
Drago Domancic (Corporación Desarrollo Estratégico Agricultores Provincia San Antonio)
Edson Landeros (CETAQUA)
Eduardo Acuña (Fundación Batuco Sustentable)
Eduardo Katz (Fundación Anglo American)
Ernesto Ríos (Dirección General de Agua- DGA)
Esteban Alvarado (Ministerio del Interior)
Eugenio Brito (AMLV Abogados)
Eugenio Figueroa (Departamento de Economía, Universidad de Chile)
Evelyn Flores (ONG Corporación Altos de Cantillana)
Felipe Ibarra (Servicio de Cooperación Técnica- SERCOTEC)
Fernanda Romero (ONG Corporación Altos de Cantillana)
Fernando Aldea (Ministerio de Obras Públicas- MOP)
Fernando Hormazábal (Canal Chocolán)
Fernando Matte Lecaros (Corporación Desarrollo Estratégico Agricultores Provincia San Antonio)
Fernando Pérez (Consultora ICASS)
Francisco Pizarro Koch (Municipalidad de Pudahuel)
Francisco Sylva (SEREMI de Agricultura)
Francisco Valenzuela (Municipalidad de San Antonio)
Gabriel Segovia (Municipalidad de Til-Til)
Gabriela López (Independiente)
Gladys Contreras Palacios (Agua Potable Rural Las Canteras)
Gladys Gómez (Ministerio de Obras Públicas- MOP)
Criselda Guzmán (Municipalidad de Paine)
Guillermo Ovalle (Canal Picano)
Guillermo Prieto (Asociación Canal Huechún)
Haídý Blazevíc (Dirección de Planeamiento DIRPLAN- MOP)
Horacio Acuña (INDUAMBIENTE)
Ignacio Araya (Dirección de Planeamiento DIRPLAN- MOP)
Ingrid Koch (Fundación Chile Verde)
Ítalo Cantele (Independiente)
Jacqueline Besoain (Parque del Recuerdo)
Jaime Diez (Asociación Canalistas Río Colina)
Jaime Salvo (Instituto de Investigaciones Agropecuarias- INIA)
Jannette Salinas (SEREMI Medio Ambiente, Región Metropolitana)
Javier Bravo (AES GENER S.A.)
Javier Valenzuela (SEREMI de Agricultura, Región Metropolitana)
Javier Vargas (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral-ESVAL)
Jeremy Gallardo (Municipalidad de Pirque)
Jocelyn Ávila (Municipalidad de Peñalolén)
Jorge Arce (Municipalidad de Paine)
Jorge Guerrero (Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático- ASCC)

Jorge Morales (Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático-ASCC)
Jorge Reyes Alcalde (Aguas Andinas)
José Luis Fuentes (Sociedad del Canal de Maipo)
José Manuel González (Canal Chocolán)
José Rivera (Asociación Gremial de Servicios de Agua Potable Rural de la región de O'Higgins-AGRESAP)
Josefina Astaburuaga (Compañía de Cervecerías Unidas- CCU)
Juan Aravena (Municipalidad de Recoleta)
Juan Luis Aravena (Municipalidad de Recoleta)
Juan Luis Aravena (Municipalidad de María Pinto)
Juan Pablo Esturillo (Cooperativa de Agua Potable- COOPAGUA San Antonio)
Kaprís Tabilo (Consultora ICASS)
Karen Valenzuela (Municipalidad de San Antonio)
Katherine Pezoa Moreno (Agua Potable Rural Reina Norte)
Kelly Llancamil (Universidad de Santiago de Chile)
Kirk Heatwole (Consultora ICASS)
Leticia Rebollo (Municipalidad de Lo Barnechea)
Lourdes García-Monzón (Fundación Amulén)
Luis Catalán (Agua Potable Rural Hospital Champa)
Luis Rubilar (Cooperativa Agua Potable Rural El Melocotón Bajo)
Macarena Olivares (Municipalidad de Renca)
Macarena Pozo Aulinger (Municipalidad de Santo Domingo)
Madelaine Ovalle (Municipalidad de Buin)
Manuel Álvarez (Municipalidad de Santo Domingo)
Marcela Bocchetto (Anglo American)
Marco Larenas (Dirección General de Agua- DGA)
María Elena Barraza Salinero (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago- GORE)
MARIA ENCINA PEREZ (Agua Potable Rural Reina Norte)
María Janina Encina (Agua Potable Rural Reina Norte)
María José Valenzuela (Municipalidad de María Pinto)
María Pía Rossetti (Dirección de Planeamiento DIRPLAN- MOP)
María Rosario de Lardere Morandé (Municipalidad de Paine)
Mario Martell (Municipalidad de Pudahuel)
Marjory Riquelme (SEREMI Medio Ambiente, Región Metropolitana)
Marlene Carreño (Asociación de Canalista de Regadío)
Mary Arancibia (Independiente)
Matías Fuentealba (Fundación Cosmos)
Matías Hidalgo (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral-ESVAL)
Matías Manríquez (Independiente)
Máximo Larraín Geisse (Municipalidad de Colina)
Melissa Vargas (Aguas Andinas)
Michel Carles (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago- GORE)
Michelle Kossack (Municipalidad de Providencia)
Miguel Braga (Municipalidad de Paine)
Milko Caracciolo (Sindicato pescadores artesanales Boca del Río Maipo)
Mónica Baeza (Ministerio de Obras Públicas- MOP)
Mónica González (Municipalidad de Santo Domingo)
Mónica Peñaloza (Municipalidad de Santo Domingo)

Nassim Ajraz (Fundación Nacional para la Superación de la Pobreza- FUNASUPO)
Natalia Celedón (Junta de Vigilancia Río Maipo)
Natalie Ponce (Municipalidad de Puente Alto)
Nataly Roldan (Municipalidad de Buin)
Nelly Jiménez (Municipalidad de Providencia)
Nicolás Bujes (Gobierno Regional de Valparaíso- GORE)
Nicolás Ruíz (Dirección General de Agua- DGA)
Nicolás Toro Leigh (Empresa Sanitaria de Valparaíso, Aconcagua y Litoral-ESVAL)
Nora Fredericksen (Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático- ASCC)
Onofre Sotomayor (Instituto de Desarrollo Agropecuario- INDAP)
Orlando Sepúlveda (Independiente)
Pablo Crespo (Municipalidad de Talagante)
Pablo Llanca Salazar (Ministerio de Obras Públicas- MOP)
Pablo Sepúlveda (Municipalidad de Colina)
Paloma Valenzuela (Municipalidad de Providencia)
Pamela Pincheira (Polpaico)
Paola Quintanilla (Municipalidad San Antonio)
Patricio Vidal Vergara (Municipalidad de Talagante)
Paul Olivares (Municipalidad de Puente Alto)
Paulina Silva (Polpaico)
Paulina Valdivia (Municipalidad de Paine)
Pedro Sepúlveda (Municipalidad de Paine)
Pía Hevia (Nawi)
Rafael Undurraga (Agua Potable Rural Manuel Rodríguez)
Raúl Mozó (Asociación Agricultores San Antonio)
Raúl Troncoso (Nestlé)
Ricardo Scaff (Municipalidad de Las Condes)
Roberto Álvarez (Anglo American)
Roberto Araya (Junta Vigilancia Primera Sección del Río Mapocho)
Roberto Barrera (Dirección de Obras Hidráulicas- DOH)
Roberto Delgado (SEREMI Medio Ambiente, Región Metropolitana)
Roberto Monteverde (Sociedad Civil)
Rocío Espinoza (Fundación Amulén)
Rodrigo Fuster (Universidad de Chile)
Rodrigo González (Municipalidad de San Antonio)
Rodrigo Oyanadel (Instituto de Desarrollo Agropecuario- INDAP)
Rosa Farfán (Municipalidad de Paine)
Rosario Cepeda (Comité Agua Potable Rural Rungue)
Sandra Martínez (Agua Potable Rural Melocotón)
Sebastián Bonelli (The Nature Conservancy-TNC)
Sebastián Díaz Howard-Allman (Municipalidad de Renca)
Sebastián Martínez (Parque del Recuerdo)
Sebastián Rivadeneira (Ministerio de Obras Públicas- MOP)
Sergio Domeyko (EcoCity)
Simón Mena (Municipalidad de Santo Domingo)
Sofía Clement (Compañía de Cervecerías Unidas- CCU)
Sofía Mordojevich (WSP Consulting Chile)
Tomás González (Fundación por el Desarrollo Sostenible Pulso Ambiental)
Tomás Marín (PROTILTIL)
Tomas Zúñiga (Comisión Nacional de Riego- CNR)
Úrsula Weber (Anglo American)
Valentina Olivares (Municipalidad de Paine)

Valentina Riquelme (San Pedro Llolleo)
 Valentina Vidal (Municipalidad de Puente Alto)
 Valeria Olmos (Fundación Nacional para la Superación de la Pobreza- FUNASUPO)
 Valeria Rogazí (Aguas Andinas)
 Verónica Puga (Fundación Amulén)
 Victoria Rojas Recabarren (Municipalidad de Buin)
 Werner Haltehoff (Fundación Cosmos)
 Ximena Ruz (Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático- ASCC)
 Yennifer Stephanie Jara Torres (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago- GORE)

CUENCA DEL RÍO MAULE

Alejandra (Agua Potable Rural Santa Isabel-Retiro)
 Alejandra Álvarez (Colbún S.A.)
 Alejandro Salas (ONG SurMaule)
 Álvaro Campos (Thinkagro - Universidad de Talca)
 Álvaro Oñate (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Álvaro Seguel (Colegio de Ingenieros Agrónomos de Chile)
 Ana María Morales Narváez (SEREMI Medio Ambiente, Región Metropolitana)
 Andrés Muñoz (Programa de Desarrollo Local San Fabian - PRODESAL/INDAP)
 Anibal Torrejón (Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios- ECONSSA)
 Anita Prizant (Ministerio de Energía)
 Antonio Ramírez (Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios- ECONSSA)
 Arturo Parra (Municipalidad de Penciahue)
 Bárbara Flores (ARAUCO)
 Bégica Gonzales (Instituto de Desarrollo Agropecuario- INDAP)
 Camila Vidal (Colbún S.A.)
 Camilo Moreira (Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático- ASCC)
 Camilo Ríos (Municipalidad de San Javier)
 Carlos Alberto Sepúlveda Álamos (Corporación Nacional Forestal- CONAF Maule)
 Carlos Alcérreca (Comunidad Aguas Canal La Cañada)
 Carlos Díaz (HIDROMAULE)
 Carlos Diez (Junta de Vigilancia Río Maule)
 Carlos Mardones (Agua Potable Rural Santa Rosa de Maitenes)
 Carlos Sepúlveda Álamos ((Corporación Nacional Forestal- CONAF)
 Carolina Morales (Instituto Forestal- INFOR)
 Carolina Pávez (Agua Potable Rural San Isidro El Progreso)
 Catalina Castro (Junta de Vigilancia Río Lontué)
 Cecilia Román (Cooperativa de Agua Potable Cumpeo Ltda.)
 Cecilia Silva Silva (Cooperativa de Servicios Sanitarios Colin)
 Christian Acuña (Instituto de Desarrollo Agropecuario- INDAP)
 Cintia Rojas (Comité de Agua Potable Rural Paso Nevado)
 Claudia Moreira (Municipalidad de Parral)
 Claudia Sangüesa (Universidad de Talca)
 Claudia Vasconcellos (Ministerio de Obras Publicas- MOP)
 Claudia Wood (Intendencia Región del Maule)

Claudio Jara Reyes (Municipalidad de San Rafael)
 Claudio Letelier (Asociación Canalista Canal Penciahue)
 Claudio Reyes (AWUA)
 Coralie Dubost Mattutz (Cooperativa de Agua Potable Cumpeo Ltda.)
 Cristian Beas (Junta de Vigilancia Río Maule)
 Cristian González (Universidad de Talca)
 Cristian Jordán (Universidad de Gante)
 Cristián Marilao (Instituto de Desarrollo Agropecuario- INDAP)
 Cristián Menchaca (Municipalidad de Longaví)
 Cristian Mesina (HIDROMAULE)
 Cristina Urzúa (Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios- ECONSSA)
 Daniel Gutiérrez (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Daniel Venegas (Programa de Desarrollo Local Río Claro - PRODESAL/INDAP)
 Daniela Letelier (Colbún S.A.)
 Daniela Meza (Comité Agua Potable Rural Los Montes)
 Daniela Vargas (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 David Encina (Colbún S.A.)
 Diego Becerra (Municipalidad de San Clemente)
 Diego Castro (Junta de Vigilancia Río Claro)
 Edmundo Jofré (Comité de Agua Potable Rural San Joaquín de los Mayos)
 Eduardo Álvarez (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Eduardo Enrique Ramos Riqueros (SEREMI Energía, Región del Maule)
 Elías Castillo (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Elizabeth Gutiérrez (ARAUCO)
 Elizabeth Uribe (Municipalidad de Constitución)
 Enrique Oltra (Comunidad de Aguas Canal Álamo)
 Ernesto Shulbach (Independiente)
 Esteban Silva (Watt ´s)
 Fabiola Zamora (Ministerio de Obras Públicas- MOP)
 Felipe Valdovinos (SEREMI Desarrollo Social)
 Felipe Wilson (Corporación Linares)
 Fernando Medina (Agrícola Central)
 Francisca Silva (Colbún S.A.)
 Francisco Dupré (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Francisco Javier Vergara Riffo (Pontificia Universidad Católica De Chile)
 Francisco Méndez (Agua Potable Rural Cerrillos)
 Gabriel Zapata (Agua Potable Rural Huaraculen)
 Gabriela Bawarshi (Universidad de Talca)
 Gino Herrera (Municipalidad de San Rafael)
 Gonzalo Robert (Watt ´s)
 Guillermo Vargas (Intendencia Región del Maule)
 Gustavo Ramírez (Cooperativa Agua Potable Rural Bobadilla)
 Harald Fernández (Ministerio de Energía)
 Héctor Gutiérrez (Dirección de Obras Hidráulicas- DOH)
 Hedly Verdugo (Dirección de Obras Hidráulicas- DOH)
 Hernán Cid (ARAUCO)
 Hugo González (Agua Potable Rural Las Garzas La Suiza)

Ignacio González (Cooperativa de Agua Potable Pellines Ltda.)
 Ignacio Toledo (Superintendencia de Servicios Sanitarios- SISS)
 Irma González Martínez (Agua Potable Rural La Isla Picazo Bajo)
 Isabel Alarcón (Comité Agua Potable Rural San Isidro El Progreso)
 Isabel Albornoz (Comité Agua Potable Rural Bramadero)
 Isabel Novoa (Malco de SPA)
 Isabel Vásquez (Comité Agua Potable Rural La Caña)
 Iván Molina (Comité de Agua Potable Rural Quebrada de Agua)
 Jairo Ibarra González (Municipalidad de San Clemente)
 Javier Fernández de la Fuente (WSP Consulting Chile)
 Javier Pérez (Junta de Vigilancia Río Claro)
 Jimena Latrach (Federación Juntas de Vigilancia Región del Maule)
 Jorge Arturo Lavín (Ministerio de Medio Ambiente)
 José Caro (Sugal Chile Ltda)
 José Inostroza Sandoval (Thinkagro - Universidad de Talca)
 José Tomás Avilés Bezanilla (ARAUCO)
 Juan Carlos González (Superintendencia de Servicios Sanitarios- SISS)
 Juan Carlos Varela (Federación de Juntas de Vigilancia Región del Maule)
 Juan Carlos Yáñez (ENEL Generación Chile S. A.)
 Juan Cutiño (Comunidad de Aguas Canal El Carmen)
 Juan Enrique Rojas (Comité Agua Potable Rural Quella)
 Juan Hederra (Organización Usuarios de Agua Río Claro)
 Juan Mella (Cooperativa Agua Potable Rural Las Mercedes)
 Juan Mira (Sugal Chile Ltda)
 Juan Pablo Arroyo (ARAUCO)
 Juan Pablo González (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Juan Sepúlveda (ARAUCO)
 Juan Vallejos (Asociación de Canalistas Biobío Negrete)
 Karen Castillo (Agua Potable Rural El Carmen)
 Karin Henríquez (ARAUCO)
 Karina Quintanilla (Colbún S.A.)
 Katherine Tello (Ministerio de Minería)
 Leandro Antonio Miret Rojas (Independiente)
 Leonardo Sandoval (SEREMI de Agricultura, Región del Maule)
 Lisandro Farias (Junta de Vigilancia del Río Longaví y sus Afluentes)
 Lorena Oviedo morales (Agua Potable Rural San Francisco Los Largos)
 Lorenzo Bethke Wuf (Junta de Vigilancia Río Ancoa)
 Loreto Ramírez (Municipalidad de Talca)
 Luca Fillosomi (ENEL Generación Chile S. A.)
 Lucitania Murgas Alegría (Comité de Agua Potable Rural Carrizal)
 Luis Carrasco (Corporación Nacional Forestal- CONAF Maule)
 Luis Costa (WSP Consulting Chile)
 Luis González (Instituto de Desarrollo Agropecuario- INDAP)
 Luis Opazo (SEREMI Medio Ambiente, Región del Maule)
 Luis Verdejo (SEREMI de Agricultura, Región del Maule)

Mabel Romero (Agua Potable Rural Maitencillo)
 Manuel Muñoz (Cooperativa Agua Potable Rural RAU)
 Manuel Ortega (Watt ´s)
 Manuel Yáñez (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Marcela Guzmán (Municipalidad de Retiro)
 Marcelino San Martín (Agua Potable Rural La Tercera- Chalet Quemado)
 Marcelo Díaz (Comisión Nacional de Riego, CNR)
 Marcelo Pardo burgos (Programa de Desarrollo Local Molina- PRODESAL/INDAP)
 Margarita Núñez (Aqualegal)
 María Abarca (Fundación Acerca Redes)
 María Cristina Bórquez Ávila (Maule Alimenta)
 María Isabel Álvarez Muñoz (Comité Agua Potable Rural Paso Rari)
 María Prieto (Comité Agua Potable Rural bajo Lircay)
 Mario Aravena (SEREMI Medio Ambiente, Región del Maule)
 Mauricio Alfaro (Junta de Vigilancia Río Ancoa)
 Máximo Correa (Junta de Vigilancia Río Longaví)
 Michael Díaz (Asociación de Canalistas del Canal Putagan)
 Miguel Salinas (ARAUCO)
 Moisés Aldea (Dirección de Obras Hidráulicas- DOH)
 Mónica Soto (SEREMI de Agricultura, Región del Maule)
 Nadia Albis (Universidad de Talca)
 Natalia Figueroa (Agua Potable Rural Santa Rosa de Maitenes)
 Natalia Ovalle (Agua Potable Rural)
 Nelson Salgado (Municipalidad de Maule)
 Nicolas Krogh (Asociación Canal Melado)
 Oscar Muñoz (Instituto de Desarrollo Agropecuario- INDAP)
 Oscar Romera (Everis Chile S.A.)
 Oscar Viera (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Pablo Barra Barrera (Servicio Agrícola Ganadero- SAG)
 Pablo Castiglione C. (ENEL Generación Chile S. A.)
 Pablo Gacitúa (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Pablo Guerra (Municipalidad de Parral)
 Pablo Pardo (ARAUCO)
 Pablo Rafael (Independiente)
 Pablo Sepúlveda (SEREMI Medio Ambiente, Región de Maule)
 Pablo Vidal Miranda (CFT San Agustín)
 Pablo Vidal Miranda (Independiente)
 Paloma Mansilla (SEREMI de Agricultura, Región de Maule)
 Pamela Barros (Comité de Agua Potable Rural Quebrada de Agua)
 Pamela García (Independiente)
 Pamela Valenzuela (Independiente)
 Paola Paiva (Corporación Nacional Forestal- CONAF Maule)
 Patricia Peñaloza (Independiente)
 Patricia Macaya (Colbún S.A.)
 Patricia Rivera (Agua Potable Rural Puente Pando Mariño San Javier)
 Patricio Carrillo (Comité de Agua Potable Rural Paso Nevado)
 Patricio Germán Díaz (Instituto Forestal- INFOR)
 Patricio Montecinos (CALAGRI/H2OLegal SpA)

Paul Mcrostie (Centro Ecológico y Cultural Santa Rosa de Lavaderos)
 Paula Castro (Ministerio de Obras Publicas- MOP)
 Paula Fuentes (Comité de Agua Potable Rural Lo Figueroa Pencahue)
 Paula Gajardo Tapia (Thinkagro - Universidad de Talca)
 Paula Retamal (Municipalidad de Parral)
 Paula Santaolaya (ZOMA LAB)
 Pedro Campos (Junta de Vigilancia Río Ancoa)
 Pedro Sáez (ENEL Generación Chile S. A.)
 Raúl Zúñiga (Municipalidad de Maule)
 Rayen Álvarez (Empresa Servicios Sanitarios del Biobío- ESSBIO/Nuevo Sur)
 Reinaldo Ruiz (Centro de Estudios del Futuro, Universidad de Santiago de Chile)
 Renato Rodríguez (Sugal Chile Ltda)
 René Gallardo (ENEL Generación Chile S. A.)
 Ricardo Chong (Gobierno Regional del Maule- GORE)
 Ricardo Follert (Gobierno Regional del Maule- GORE)
 Ricardo Orellana (Comité de Agua Potable Rural Vista Hermosa Alquihue)
 Roberto Mellado (Municipalidad de Yerbas Buenas)
 Rodrigo Herrera (ARAUCO)
 Rodrigo Morales (Universidad de Talca)
 Rodrigo Ugarte (Independiente)
 Romina De Ríos (Independiente)
 Samuel Tapia Miquelès (Comité Agua Potable Rural San Manuel)
 Sandro Norambuena (Municipalidad de Yerbas Buenas)
 Sara Molina Gallardo (Agua Potable Rural Paina La Conquista)
 Sara Pereira (Superintendencia de Servicios Sanitarios- SISS)
 Sebastián Leyton (Watt´s)
 Sergio Alvarado (Asociación Regional Agua Potable Rural Los Largos)
 Sonia Guerra (Municipalidad de Pencahue)
 Stephanie Oyaneder (WSP Consulting Chile)
 Susana Lagos (Agua Potable Rural Entrada Cerrillos)
 Valentina Bobadilla (ARAUCO)
 Vanessa Molina (Cooperativa San Diego Ltda.)
 Verónica Espejo (Independiente)
 Verónica Zárate (ARAUCO)
 Víctor Sandoval Medina (Instituto de Desarrollo Agropecuario- INDAP)
 Virginia McRostie (Pontificia Universidad Católica de Chile)
 Viviana Araya (Independiente)
 Ximena Molina (Universidad de Chile)
 Yasna Aguirre (INACAP Sede Curicó)
 Yenifer Pinochet (Pataguas)
 Yessenia Escobar (Comité Agua Potable Rural San Isidro El Progreso)
 Yorfreddy Javier Pérez (Junta de Vigilancia Río Lontué)

OTROS PARTICIPANTES DE LOS TERRITORIOS EN CHILE

Alan García (Sociedad de Fomento Fabril- SOFOFA)
 Alejandra Marín (Junta Vigilancia Río Elqui y sus Afluentes)
 Alejandro León (Universidad de Chile)
 Alfredo Améstica (Fundamento)
 Álvaro Sola (Dirección de Obras Hidráulicas- DOH)
 Ana Bustamante (Centro de información de Recursos Naturales- CIREN)
 Andrés Fariás (Colbún S.A.)
 Andrés Iroumé (Universidad Austral)
 Andrés Santander (INRHED)
 Angela Rojas (Gobierno Regional de Coquimbo- GORE)
 Antonio Ugalde Prieto (Universidad de Playa Ancha)
 Audrey Gallaud (Centro de información de Recursos Naturales- CIREN)
 Brigitte Aubel Chacón (Independiente)
 Camilo Charme Ackermann (Independiente)
 Camilo Hornauer (Fundación Plantae)
 Carla Va (Independiente)
 Carlos Francisco Araya Avalos (Comunidad Aguas Subterráneas I, II, III, Copiapó)
 Carlos Olavarría (Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, CEAZA)
 Carmen Gloria Maldonado (Servicio Agrícola Ganadero- SAG)
 Carolina Espinoza (Servicio Nacional de Geología y Minería- SERNAGEOMIN)
 Carolina Marín (Municipalidad de Curicó)
 Carolina Veroitza (Comunidad de Aguas Subterráneas Sector 4, Copiapó)
 Casandra Quinteros Cruz (Delaguz)
 Cecilia Díaz (Oficina Nacional de Emergencia- ONEMI)
 Chloé Nicolás Artero (Independiente)
 Cinthya Rojo (Independiente)
 Claudia Gallardo (Municipalidad de San Pedro de la Paz)
 Claudia Yáñez Lemus (Municipalidad de San Pedro de la Paz)
 Claudio Godoy (Agua Potable Rural de Quillota)
 Claudio Valdovinos (Universidad de Concepción)
 Claudio Vásquez (Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, CEAZA)
 Constanza Troppa (Corporación Nacional Forestal- CONAF)
 Cristián Carriel Castillo (Gobierno Regional de Coquimbo- GORE)
 Cristian González (Junta de Vigilancia Río Copiapó y sus Afluentes)
 Cristian Iriarte (Municipalidad de Curicó)
 Cristina Acevedo (SEREMI de Bienes Nacionales, Región Metropolitana)
 Damaris Orphanopoulos (Empresa Concesionaria de Servicios Sanitarios- ECONSSA)
 Daniel Garces (Superintendencia del Medio Ambiente- SMA)
 Daniela Álvarez (Asociación Gremial de Productores de Cerdos- ASPROCER)
 Daniela Peña (Dirección Nacional de Fronteras y Límites- DIFROL)
 Danilo Vargas (Municipalidad de Penco)
 Darío Morales (Asociación Chilena de Energías Renovables y almacenamiento- ACERA)

David Poblete (Universidad de Valparaíso)
 Dorys Vega Mancilla (Gobierno Regional de Antofagasta- GORE)
 Eduardo González (Corporación Nacional Forestal- CONAF)
 Ernesto Ortiz (Observatorio Ambiental Algarrobino)
 Erwin Gajardo (Servicio de Evaluación Ambiental- SEA)
 Fabiola Rodríguez Lillo (Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura- SERNAPESCA)
 Felipe Arróspide (Centro de información de Recursos Naturales- CIREN)
 Felipe Fuentes (Servicio Nacional de Geología y Minería- SERNAGEOMIN)
 Fernanda Prohens (Comunidad Aguas Subterráneas I, II, III, Copiapó)
 Francisco Albornoz (Asociación Nacional de Exportadores- ASOEX)
 Francisco Astudillo Pizarro (Universidad de Atacama)
 Francisco Cereceda (Universidad Federico Santa María)
 Francisco Meza (Instituto de Investigaciones Agropecuarias- INIA)
 Francisco Vergara (Everis Chile S.A.)
 Froilán Estay (Junta de Vigilancia Río Lluta)
 Froilán Mora (Comité de Agua Potable Rural El Lloly)
 Gonzalo Jiménez (Servicio de Evaluación Ambiental- SEA)
 Gonzalo Montserrat (Servicio de Evaluación Ambiental- SEA)
 Gonzalo Muñoz (Vergara y Compañía.)
 Gregorio González (Agricultora)
 Gustavo Blanco (Universidad Austral)
 Gustavo Torres (Independiente)
 Hernán García (Somos Cuencas)
 Humberto González Mondaca (Asociación de Agua Potable Rural Aconcagua)
 Isel Cortes (Instituto de Salud Pública de Chile)
 Ivi Tapia (Independiente)
 Ivonne Valenzuela (Comité Agua Potable Rural La Higuera, Coquimbo)
 Jaime Yáñez (Comisión Nacional de Riego- CNR)
 James Robinson (Banco Interamericano de Desarrollo- BID)
 Javier Andrés Vega Ortiz (Gobierno Regional de Coquimbo- GORE)
 Javier Cramerann (Junta de Vigilancia 1º Sección Río Aconcagua)
 Javier Hurtado (Cámara Chilena de la Construcción- CChC)
 Johanna Guzmán (Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático- ASCC)
 Jorge León (Universidad Católica de la Santísima Concepción)
 Jorge Olave (Universidad Arturo Prat)
 Jorge Toro (Junta de Vigilancia 1º Sección Río Aconcagua)
 José Valdés Negroni (Universidad de Chile)
 Juan Carlos González Zelada (Junta de Vigilancia Río Copiapó y sus Afluentes)
 Juan Pablo Aristegui (Independiente)
 Juan Pablo Rejas (Centro de Estudios para el Adelanto de las Mujeres y la Equidad de Género- CEAMEG)
 Liliana Villanueva Nilo (Sección de Emergencias y Gestión de Riesgos Agrícolas- SEGRA, del Ministerio de Agricultura)
 Lorena Escudero (Centro Científico Tecnológico Región de Antofagasta-CICITEM)

Luis Santelices (Municipalidad de Curicó)
 Luis Vogt Olivares (Municipalidad de Talcahuano)
 Marcela Paredes (Pontificia Universidad Católica de Chile)
 Marcela Vásquez (Gobernación Región del Biobío)
 Marcelo González (Fundación Incluidos)
 Marco Billi (Universidad de Chile)
 Marco Landeros (Agua Potable Rural Los Patos, Valparaíso)
 María José Domínguez (Fundación Kennedy)
 María Ovalle (Comité Agua Potable Rural El Curato)
 María Paz Moraga (Organización Usuarios de Agua Río Claro)
 María Vargas (Centro de información de Recursos Naturales- CIREN)
 Marisol Andrade (Municipalidad de Porvenir)
 Matías Peredo (Ecohyd)
 Maximiliano Bolados (Dirección General de Agua- DGA)
 Montserrat Lara (Oikonos)
 Nancy Matus (Gobierno Regional de Atacama- GORE)
 Natalia Olivares (Urban)
 Natalia Silva (Oficina Nacional de Emergencia- ONEMI)
 Nicolás Bravo (Everis Chile S.A.)
 Nicolás Nelis (Oficina Nacional de Emergencia- ONEMI)
 Nolvía Toro (Universidad de Atacama)
 Omar Gutiérrez (Centro de información de Recursos Naturales- CIREN)
 Orlando Acosta (Generadoras de Chile)
 Pablo Rojas (Junta de Vigilancia del Río Huasco)
 Pablo Sahli (Asociación del Canal San Miguel, El Monte, Región Metropolitana)
 Paola Chávez (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago- GORE)
 Paola Cruz (Ministerio de Salud- MINSAL)
 Patricio Walker (Superintendencia del Medio Ambiente- SMA)
 Pedro Hojas (Banco Interamericano de Desarrollo- BID)
 Pia Ferretti (Independiente)
 Pilar Moraga (Universidad de Chile)
 Rafael Rubilar (Universidad de Concepción)
 Rafaela Retamal (Ecosorchile)
 Renzo Boccanegra (Asociación Gremial de Productores de Cerdos- ASPROCER)
 Ricardo Astorga (Universidad Viña del Mar)
 Ricardo Barra (Universidad de Concepción)
 Ricardo García Vera (Canal 2 de Televisión San Antonio)
 Rodrigo Morales (Universidad de Talca)
 Rodrigo Romero (Asociación de Canalistas Canal Biobío Norte)
 Rodrigo Vásquez (Municipalidad de Lo Prado)
 Salomé Córdova (Gobierno Regional de Antofagasta)
 Sandra Zolezzi (Colegio Ingenieros Agrónomos)
 Sebastián Trina (Municipalidad Curicó)
 Sofía Martínez (Implementa Sur)
 Sofía Rivera Riveros (Independiente)
 Soraya Pavleon (Junta de Vigilancia Río Lluta)
 Susana Díaz (Universidad de Las Américas)
 Tamara Monsalve (Universidad de Chile)
 Tomás Puente (Urban)
 Verónica Delgado (Universidad de Concepción)
 Verónica Pomfrett (Gobierno Regional de O'Higgins- GORE)
 Vicente Rodríguez (Agroindustrial Olivosvrc.l)
 Xaviera De la Vega (Ministerio de Ciencias)

