



Infraestructura Hídrica Compartida

DEPP 30/2023

Registro de Propiedad Intelectual N° 2023-A-12970

Resumen Ejecutivo

El presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis sobre la infraestructura hídrica compartida en Chile, centrándose en las regiones desde O'Higgins hasta Arica y Parinacota. Este estudio busca evaluar la importancia estratégica de esta infraestructura en términos de recursos hídricos, crecimiento económico y diversidad de actividades productivas. Se enfocará principalmente en el sector minero, considerando la disponibilidad de información más actualizada sobre la demanda futura.

Se aborda la infraestructura hídrica desde una perspectiva integral, reconociendo la inclusión de sistemas de suministro y tratamiento, así como estructuras de almacenamiento y desarrollo de fuentes alternativas como la recolección de lluvias y la desalinización. Este enfoque integral es crucial para superar la gestión tradicional del agua, orientándose hacia un modelo más eficiente y colaborativo que promueva sistemas multipropósito y sostenibles.

Como ya se ha revisado a nivel nacional, la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) toma más fuerza al dar respuesta a estos desafíos, buscando una administración eficiente del agua, la tierra y los recursos relacionados, y fomentando la participación activa de todos los interesados. La necesidad de invertir en infraestructura hídrica compartida se destaca como una prioridad para mejorar la seguridad hídrica y para apoyar el desarrollo económico sostenible. Asimismo, el estudio reconoce y se alinea firmemente con la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, haciendo especial hincapié en el Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6, que aboga por garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, junto con el acceso al saneamiento para todos.

El análisis de demanda de agua reconoce la necesidad de la desalinización y el uso eficiente del agua como elementos clave para una gestión sostenible, especialmente frente a la proyección de demandas futuras en sectores críticos como la minería. En este punto se presenta un catastro actualizado al cierre de 2023 con los plantas en operación y proyectos de uso de agua de mar para la minería al 2033, clasificándolos por región, etapa de desarrollo, tipo y estado de los permisos ambientales.

El informe evalúa los beneficios y riesgos asociados con la infraestructura compartida, subrayando tanto la necesidad de mejorar la eficiencia y sostenibilidad como de identificar riesgos económicos, ambientales y sociales potenciales. Además, se aborda la necesidad de adaptación al cambio climático, señalando la importancia de la diversificación de fuentes, el almacenamiento adecuado y la implementación de sistemas de monitoreo y alerta temprana.

Finalmente, se revisan las condiciones habilitantes para el éxito de proyectos de infraestructura hídrica, resaltando la importancia de fortalecer el marco normativo e institucional, integrar políticas y coordinación intersectorial, acelerar los plazos de tramitación de permisos y desarrollar instrumentos de financiamiento y modelos de inversión. También se destaca el fomento e incentivo a la infraestructura compartida, la promoción de la participación comunitaria, el avance

hacia tecnologías y prácticas sostenibles, y la importancia del monitoreo y evaluación continua para una gestión eficiente y adaptativa.

El estudio identifica los hallazgos clave en el contexto de la infraestructura hídrica, resaltando la necesidad de fortalecer el marco normativo e institucional, lo cual incluye la creación de un marco específico para la desalinización, dado su creciente papel en la gestión sostenible del agua. También subraya la importancia de integrar políticas y coordinación intersectorial, lo que es vital para la sinergia entre diferentes sectores y para lograr una gestión eficaz del agua.

La aceleración y agilización de los plazos de tramitación de permisos son fundamentales para avanzar en los proyectos, siempre manteniendo el cumplimiento normativo y los estándares ambientales. Esto se complementa con la creación de instrumentos de financiamiento y modelos de inversión que pueden ser cruciales para la implementación y sostenibilidad de la infraestructura compartida. El estudio también destaca la necesidad del fomento e incentivo a la infraestructura compartida como medio para optimizar los recursos hídricos y lograr beneficios más amplios. Además, reconoce la promoción de la participación comunitaria como un factor esencial para garantizar que los proyectos de infraestructura hídrica sean inclusivos y estén alineados con las necesidades de las poblaciones locales.

El desarrollo de tecnologías y prácticas sostenibles es otro punto relevante, lo que sugiere que la innovación y la adopción de prácticas respetuosas con el medio ambiente son necesarias para la resiliencia y sostenibilidad a largo plazo de los sistemas hídricos. Finalmente, el estudio concluye con la necesidad de un monitoreo y una evaluación continua, que son esenciales para la gestión adaptativa y la mejora constante de la infraestructura hídrica, asegurando que la misma se mantenga eficiente, efectiva y alineada con los objetivos de desarrollo sostenible y las necesidades cambiantes de la sociedad.

Contenido

Resumen Ejecutivo	1
1. Introducción.....	5
2. Motivación	7
2.1 Crecimiento de la industria minera y su necesidad de recurso hídrico	7
2.2 Conceptualización	10
2.3 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH).....	11
2.4 Necesidad de invertir en infraestructura hídrica compartida.....	13
3. La infraestructura compartida y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible	17
4. Análisis de la demanda de agua	19
4.1 Demanda futura de agua por parte de los sectores de minería	19
4.2 Oferta de agua de mar para la minería.....	22
4.2.1 Catastro de agua de mar en la minería al 2023 – Operaciones y proyectos.....	24
4.2.2 Catastro de Proyectos multipropósito	27
5. Beneficios y riesgos asociados a la infraestructura compartida	28
5.1 Beneficio potenciales de la infraestructura hídrica compartida	28
5.2 Riesgos posibles asociados con la implementación de la infraestructura hídrica compartida.....	30
6. Desafíos relacionados con el cambio climático	31
6.1 Diversificación de fuentes de agua	32
6.2 Infraestructura de almacenamiento y distribución	33
6.3 Monitoreo y alerta temprana	34
6.4 Conservación y restauración de ecosistemas acuáticos.....	35
7. Condiciones Habilitantes.....	37
7.1 Revisión del marco normativo vigente.....	38
7.2 Participación comunitaria y creación de valor	39
8. Conclusiones:	41
9. Referencias.....	44

Índice de Figuras

Figura 1 Distribución de demanda de agua en el sector minero según región.....	8
Figura 2 Contribución de las actividades asociadas al agua en el Producto interno Bruto (PIB).....	9
Figura 3 Fases de la planificación e implementación de la GIRH.....	12
Figura 4 Participación de la demanda consuntiva de agua en Chile según sector.....	19
Figura 5 Demanda hídrica consuntiva nacional 2025 (m ³ /seg).....	20
Figura 6 Proyección esperada demanda de agua en la minería del cobre según origen 2022-2033	21
Figura 7 capacidad instalada de uso de agua de mar en la minería al 2023 en Chile (litros/seg)....	22
Figura 8 Distribución de proyectos de agua de mar según etapa de desarrollo para el sector minero en Chile	23
Figura 9 Capacidad proyectada de agua de mar para la minería al 2030 (litros/seg)	23

Índice de tablas

Tabla 1 Definiciones.....	11
Tabla 2 Principales dimensiones de la gestión integrada de los recursos hídricos.....	13
Tabla 3 Posibles beneficios de la infraestructura hídrica compartida.....	29
Tabla 4 Posibles riesgos de la infraestructura hídrica compartida.....	30
Tabla 5 Infraestructura hídrica compartida y su relación con el cambio climático.....	31
Tabla 6 Aspectos económicos, financieros, normativos e institucionales para la evaluación de los proyectos de infraestructura hídrica compartida.....	37
Tabla 7 Aspectos de la participación ciudadana.....	40

1. Introducción

La infraestructura hídrica compartida desempeña un papel fundamental para el desarrollo sostenible y el bienestar de la sociedad al satisfacer las necesidades de agua de múltiples sectores y contribuir al desarrollo cuidando el medio ambiente. Su enfoque integral y su capacidad para optimizar el uso de los recursos hídricos hacen de ella una herramienta estratégica para garantizar el acceso equitativo al agua, fortalecer la seguridad alimentaria, impulsar la economía y preservar los ecosistemas acuáticos.

En un país caracterizado por una gran diversidad geográfica y una distribución irregular de los recursos hídricos, la infraestructura compartida se convierte en una solución estratégica para satisfacer las crecientes necesidades de agua de múltiples sectores.

Su principal función radica en asegurar un suministro confiable de agua para la agricultura, la industria, el abastecimiento urbano y la generación de energía, entre otros sectores clave de la economía chilena, mediante una variedad de sistemas y proyectos, como embalses, canales, obras de riego, plantas desalinizadoras y sistemas de distribución. Al integrar múltiples usos y usuarios, la infraestructura compartida optimiza la eficiencia en el uso del agua y promueve la gestión integral de los recursos hídricos.

Chile comparte 58 cuencas con sus países vecinos¹ sin embargo, y a pesar de la transversal opinión de expertos respecto de la importancia que tiene la infraestructura hídrica para proveer de suministro estable de agua, controlar la extracción excesiva y minimizar el impacto ambiental, existe una escasa cooperación entre sectores y entre el propio sector minero. Dado el actual y futuro escenario de escasez hídrica que se proyecta, se hace necesario relevar la importancia de este instrumento y generar instancias de colaboración compartida entre los distintos sectores, ya que permite potenciar actividades productivas, como la agricultura de gran escala, la industria minera, la generación de energía hidroeléctrica y el desarrollo de nuevas fuentes de agua para consumo humano y uso industrial. Además, contribuye a la generación de empleo y al fortalecimiento de la competitividad de diversos sectores.

Cabe destacar que la infraestructura hídrica compartida no solo aborda las necesidades presentes, sino que también juega un rol estratégico en la planificación a largo plazo. A medida que la población crece y las demandas de agua aumentan, resulta esencial contar con sistemas que sean capaces de adaptarse a los cambios en el uso del suelo, la demanda de recursos y los escenarios climáticos variables, razones que han llevado a considerar esta herramienta dentro la Estrategia Nacional de Recursos hídricos, ya que proporciona la flexibilidad necesaria para enfrentar estos desafíos y promover la sostenibilidad de los recursos hídricos en el tiempo.

¹ Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, departamento de Ciencias Ambientales y recursos naturales renovables. Estudio "Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Chile". Rodrigo Fuster, Jefe de proyecto.

Los nuevos desafíos requieren en primer lugar de una infraestructura adecuada para garantizar el acceso a agua potable y servicios de saneamiento eficientes. Esto requiere la construcción de sistemas de abastecimiento de agua y plantas de tratamiento, así como redes de distribución eficientes que aseguren la entrega de agua limpia a las comunidades. Además, de disponer de instalaciones de saneamiento adecuadas, como sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales, para garantizar la eliminación segura de los desechos, prevenir su contaminación, y donde sea posible asegurar su reutilización.

En segundo lugar, la infraestructura juega un papel importante en la gestión y asignación eficiente de los recursos hídricos, contribuyendo a su conservación y a un acceso más equitativo. Esto implica la construcción de infraestructuras como presas y embalses para el almacenamiento de agua, el desarrollo de sistemas de riego eficientes para la agricultura y la implementación de medidas de conservación del agua, como la reutilización y el reciclaje.

Además, la infraestructura también puede ayudar a abordar los impactos del cambio climático en el suministro de agua. Por ejemplo, se pueden construir infraestructuras de control de inundaciones y drenaje para mitigar los efectos de las tormentas tropicales cada vez más intensas. Asimismo, las estrategias de gestión del agua deben incluir medidas como el monitoreo y manejo de sequías y la implementación de prácticas sostenibles en la gestión del agua, lo que ayuda a fortalecer la resiliencia frente a variaciones climáticas extremas y a asegurar un suministro de agua sostenible y confiable para el futuro.

En resumen, la infraestructura hídrica es esencial para garantizar un suministro adecuado de agua limpia para el consumo humano y las necesidades productivas, y para abordar los desafíos relacionados con el cambio climático en los años venideros. Se requiere inversión en infraestructuras adecuadas para proporcionar acceso a agua potable y saneamiento, gestionar de manera eficiente los recursos hídricos y mitigar los impactos del cambio climático en el suministro de agua.

2. Motivación

2.1 Crecimiento de la industria minera y su necesidad de recurso hídrico.

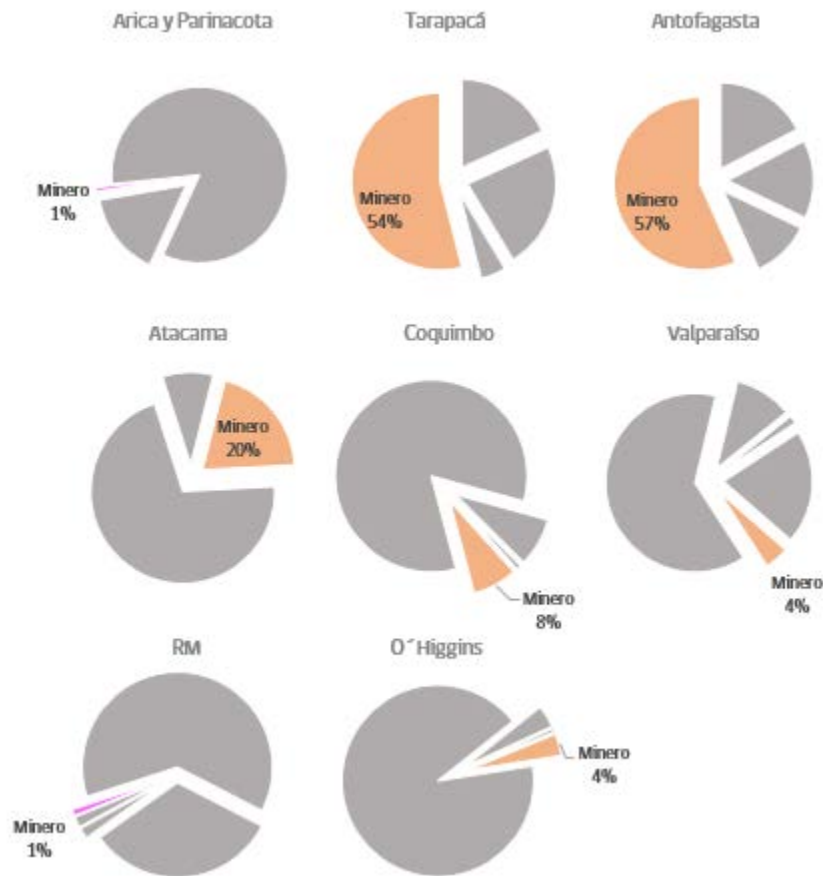
Los riesgos relacionados con el abastecimiento de agua, como la escasez, el acceso y la degradación de recursos, aumentan a medida que el crecimiento poblacional y económico ejerce una mayor presión sobre los recursos hídricos. Estos riesgos se exacerban debido al cambio climático ya que los eventos climatológicos extremos se vuelven más comunes y la disponibilidad del agua se vuelve menos predecible.

Mientras el mundo enfrenta escenarios de mayor incertidumbre y fragilidad respecto de la disponibilidad de recursos, la economía global lidia con el crecimiento poblacional, la transición energética y la inestabilidad de las cadenas de suministro. Afrontar estos desafíos implica un aumento en la oferta de materias primas, dentro de las cuales el cobre, el litio y el cobalto, utilizados en paneles solares, baterías y otras tecnologías, juegan un rol vital. Siendo la minería una industria intensiva en el uso de agua- se requiere de métodos sostenibles de suministro de agua y de tecnología que ayude a reducir el consumo de agua en el sector.

De acuerdo a antecedentes entregados en la Política Nacional para los Recursos Hídricos (2015), Chile posee una brecha de agua de 82,6 m³/s que al año 2030 se espera aumentará a 149 m³/s, estimación obtenida a partir de la comparación de la disponibilidad de agua con las proyecciones de crecimiento económico e infraestructura prevista de construir. Por su parte, la Dirección General de Aguas (DGA) proyecta para Chile un incremento de la demanda de agua de 4,5% del agua consumida anualmente al 2030, y de 9,7% al 2040. Donde además, debido al actual crecimiento demográfico, se estima que la demanda doméstica aumentará en un 25%, la demanda industrial en un 66% y la agricultura en un 3,4% en el periodo 2025-2030.

En el diverso panorama geográfico de Chile, el sector agrícola destaca como el mayor consumidor de agua, aunque la distribución del uso hídrico entre los diferentes sectores productivos varía considerablemente de una región a otra. En la región central de Chile, la actividad agropecuaria y forestal se erige como la principal usuaria del recurso hídrico. Por otro lado, en las áridas regiones de Tarapacá y Antofagasta, la industria minera emerge como el sector predominante en el consumo de agua, representando el 54,2% y 56,8% del total de uso de agua.

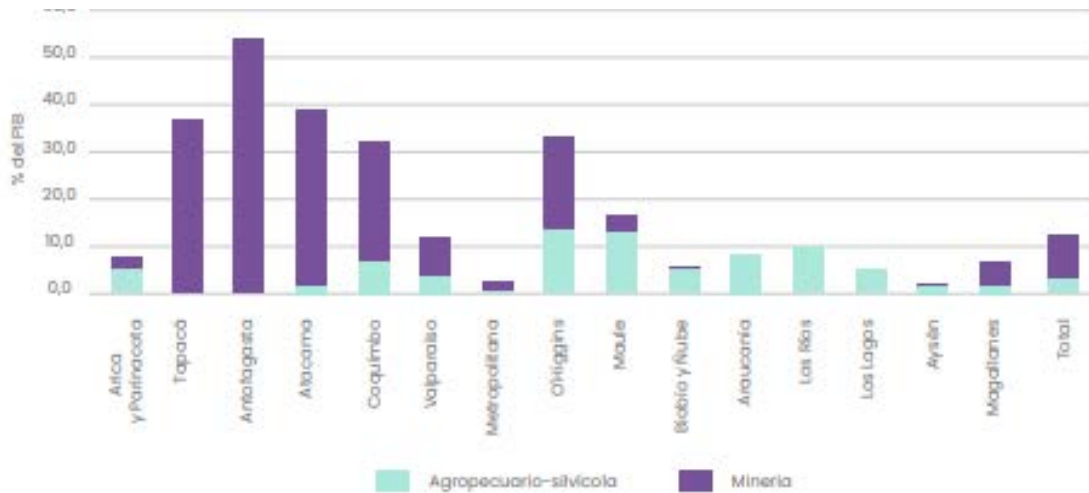
Figura 1 Distribución de demanda de agua en el sector minero según región



Fuente: "Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile", DGA 2017.

Por su parte, la minería tiene una importancia económica sustancial en las regiones del norte como Antofagasta, Atacama y Tarapacá. En estas zonas, la actividad minera no solo es un pilar fundamental para la economía local, sino que también contribuye de manera significativa al Producto Interno Bruto (PIB) regional, con porcentajes que ascienden al 52% en Antofagasta, 38% en Atacama y 35% en Tarapacá. Quedando de manifiesto el aporte de la minería al desarrollo económico de estas regiones, al tiempo que plantea desafíos en la gestión del recurso hídricos en contextos de escasez.

Figura 2 Contribución de las actividades asociadas al agua en el Producto Interno Bruto (PIB)



Fuente: Banco Central de Chile, 2021

Para el sector minero, la escasez hídrica constituye una de las consideraciones más importantes al momento de viabilizar un proyecto ya que se trata de un recurso estratégico que tiene implicancias operacionales, medioambientales y sociales. En Chile, el mayor potencial geológico minero se concentra en la zona norte, precisamente donde se presentan las situaciones de estrés hídrico más extremas y en donde se prevén aumentos de demanda de agua en torno a un 200% para los próximos 25 años. En este sentido, y Según los datos de Cochilco recabados en la Encuesta Minera de Producción, Agua y Energía (EMPAE) y detallados en su informe "Agua en la minería del cobre, año 2022", la industria cuprífera chilena consumió 18,07 m³/seg de agua en sus operaciones. De este total, el 66% provino de fuentes continentales, mientras que el 34% correspondió al uso de agua de mar. El proceso de concentración de minerales sulfurados fue el principal consumidor, representando el 76,2% del total, seguido por la hidrometalurgia con un 11,2%.

Se prevé que el consumo de agua en la minería del cobre aumente hasta los 22,6 m³/s para 2029. Este incremento se debe principalmente al aumento en el tratamiento de minerales sulfurados mediante flotación -proceso que requiere un uso más intensivo de agua en comparación con la hidrometalurgia- debido a la importante disminución de producción de cátodos Sx₂EW hacia finales de la presente década, puesto que las operaciones mineras en Chile enfrentan hoy temas estructurales como agotamiento de los minerales oxidados y de sulfuros secundarios. Además, la reducción en la ley de los minerales obliga a procesar mayores volúmenes para extraer una tonelada de cobre, incrementando así la demanda de agua. Bajo este escenario, las empresas mineras han debido buscar prácticas más sostenibles para abordar los desafíos asociados al agua. Esto incluye la optimización del consumo mediante la implementación de tecnologías más avanzadas, la reutilización y reciclaje de agua utilizada en los procesos mineros entre otras medidas.

En síntesis, el éxito y la continuidad de la industria minera en Chile dependen de una gestión sostenible del agua. Para avanzar hacia la sostenibilidad, se requiere un enfoque adaptativo y multivariable, que promueva una transición hídrica sostenible e inclusiva, en línea con los compromisos internacionales asumidos por Chile.

2.2 Conceptualización

La infraestructura hídrica engloba una serie de estructuras clave que son esenciales para modificar y gestionar el curso, flujo, calidad, almacenamiento y distribución del agua. Estas incluyen sistemas de suministro para diversas necesidades urbanas, rurales, industriales e incluso para irrigación. También abarcan instalaciones cruciales para el tratamiento de agua potable y aguas residuales, así como estructuras de almacenamiento variadas que incluyen embalses, lagos, acuíferos, llanuras de inundación y humedales. Además, se contempla el desarrollo de fuentes alternativas como la recolección de agua de lluvia, la reutilización de aguas residuales y la desalinización, junto con infraestructuras dedicadas a la protección y control de inundaciones y sistemas de drenaje tanto en áreas urbanas como en tierras agrícolas.

El concepto de **infraestructura hídrica compartida** surge como una alternativa a la gestión tradicional y fragmentada de los recursos hídricos, habitual en varios sectores productivos, que a menudo conduce a un uso ineficiente del agua, conflictos entre usuarios, desigualdad en el acceso y daños ambientales. Este enfoque tradicional se ve desafiado por el creciente déficit y estrés hídrico, impulsado por la mayor demanda y la volatilidad en la oferta y disponibilidad de agua, relevando la necesidad de evolucionar hacia un modelo de gestión del agua más eficiente, cooperativo y sostenible.

El concepto de infraestructura compartida, se remonta a principios del siglo XX cuando en Estados Unidos se inicia la construcción de embalses para la generación y transmisión de energía a larga distancia con menores costos, aunque inicialmente no consideraba un sistema de gestión ecológico ni la participación de agentes sociales. Sin embargo, estudios recientes² destacan la importancia de integrar estos aspectos en la gestión del agua. La infraestructura hídrica multipropósito representa una estrategia integral y eficiente en la gestión de los recursos hídricos, superando las limitaciones de enfoques tradicionales más fragmentados y unidimensionales. Este concepto engloba sistemas y estructuras diseñadas para cumplir con múltiples funciones relacionadas con el agua, como el suministro para consumo humano y agrícola, generación de energía hidroeléctrica, control de inundaciones y conservación de ecosistemas. Su enfoque holístico permite abordar simultáneamente diversas necesidades hídricas, optimizando los recursos y reduciendo los impactos ambientales.

La evolución histórica de la infraestructura compartida, desde proyectos pioneros en el siglo XX hasta modelos actuales más integradores, refleja un cambio hacia la sostenibilidad, eficiencia y

² F.G. Mukhtaro. *Intellectual history and current status of integrated water resources management: a global perspective*. Central European University, Department of Environmental Sciences and Policy.

Leiva González J, Onederra I. Environmental Management Strategies in the Copper Mining Industry in Chile to Address Water and Energy Challenges—Review. *Mining*. 2022; 2(2):197–232. <https://doi.org/10.3390/mining2020012>

participación comunitaria. Estos sistemas modernos no solo buscan la eficacia en la administración del agua, sino que también incorporan consideraciones de resiliencia climática, gobernanza y participación social, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible y promoviendo un equilibrio entre las necesidades humanas y la salud de los ecosistemas.

Dentro de este nuevo marco de referencia y con el foco puesto en la integración y colaboración de todos los grupos involucrados, se configura la denominada **infraestructura compartida multisectorial** la que aborda las necesidades hídricas de manera más integrada y sostenible mediante la creación de estructuras participativas y multisectoriales para coordinar y concertar la gestión de los recursos acuíferos incluyendo a nuevos actores, locales o antes ignorados, con los que existe una alta interrelación, interdependencia y afectación recíproca de las fuentes de agua utilizadas en determinado territorio.

Tabla 1 Definiciones

Infraestructura Compartida:

La infraestructura compartida se refiere a las instalaciones, sistemas o servicios que son utilizados conjuntamente por múltiples entidades, empresas o individuos. Este concepto es común en sectores como las telecomunicaciones, energía, y transporte. La idea principal es maximizar la eficiencia y reducir costos a través del uso compartido de recursos. Por ejemplo, en el caso de las torres de telecomunicaciones, varias compañías de telefonía móvil pueden compartir la misma torre para colocar sus antenas, en lugar de construir torres separadas para cada una.

Infraestructura Multipropósito:

La infraestructura multipropósito se refiere a instalaciones o sistemas diseñados para servir a múltiples funciones o propósitos simultáneamente. Este tipo de infraestructura es eficiente en términos de costos y espacio, y a menudo se encuentra en proyectos de desarrollo urbano y rural. Un ejemplo clásico es una presa que proporciona irrigación, generación de energía hidroeléctrica, y control de inundaciones. Otro ejemplo podría ser un complejo que combina espacios residenciales, comerciales y de oficinas, satisfaciendo así diversas necesidades en un mismo emplazamiento.

2.3 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)

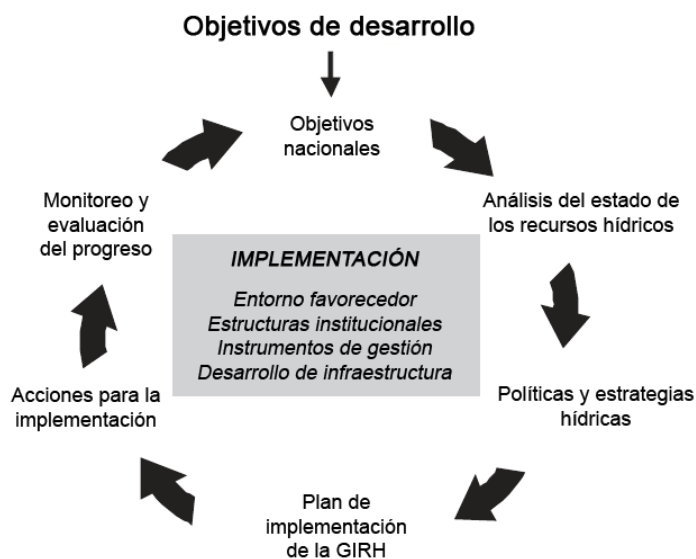
La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso que busca coordinar de manera eficiente y sostenible el desarrollo y la administración del agua, la tierra y los recursos relacionados. Este enfoque busca maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas esenciales. La GIRH es una respuesta a los desafíos de la gestión tradicional del agua, que a menudo ha sido fragmentada y sectorial lo que conlleva un uso ineficiente del recurso, conflictos entre usuarios y daños ambientales.

La GIRH se enfoca en una planificación y manejo holísticos que toman en cuenta todas las posibles fuentes de agua, incluyendo superficiales y subterráneas, y su interrelación con el ecosistema. Este enfoque implica una coordinación entre diversos sectores y niveles de gobierno, y reconoce la necesidad de un equilibrio entre el desarrollo económico, la equidad social y la protección ambiental.

La GIRH también promueve la participación activa de todos los grupos de interés en el proceso de toma de decisiones, asegurando que las necesidades y los derechos de diferentes comunidades sean considerados y respetados. En 1992, el concepto de GIRH ganó importancia tras las conferencias de Dublín sobre Agua y Medio Ambiente y la Cumbre de las Naciones Unidas sobre ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro, con el fin de lograr los objetivos del milenio para la gestión sostenible del medio ambiente. La definición comúnmente aceptada de GIRH fue establecida por el *Global Water Partnership* (GWP) y afirma lo siguiente: *"La GIRH es un proceso que promueve el desarrollo y la gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales"*.

Este enfoque considera que la toma de decisiones de proyectos acuíferos debe considerar tres pilares, eficiencia económica, equidad y sostenibilidad ambiental. Esto requiere de la coordinación entre gobierno, empresa y sociedad, considerando los requerimientos locales, regionales y nacionales.

Figura 3 Fases de la planificación e implementación de la GIRH



Fuente: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>

Es esencial adoptar un enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos que considere tanto la oferta como la demanda de agua. Esto implica una planificación y coordinación eficaz entre los diferentes usuarios y sectores, promoviendo una distribución equitativa y sostenible del recurso. Además, se deben implementar políticas y regulaciones que fomenten la conservación del agua, el uso eficiente y la protección de los ecosistemas acuáticos.

La gestión integrada de los recursos hídricos es una medida fundamental para garantizar la sostenibilidad y resiliencia de la infraestructura hídrica compartida frente al cambio climático.

Para desarrollar este enfoque, es necesario implementar una serie de acciones y políticas que aborden tanto la oferta como la demanda de agua, y que promuevan una distribución equitativa y sostenible del recurso. A continuación, se detallan algunas de las principales dimensiones de la GIRH.

Tabla 2 Principales dimensiones de la gestión integrada de los recursos hídricos

<p>1. Planificación y coordinación: La planificación a largo plazo es esencial para anticipar y responder a los desafíos futuros en términos de disponibilidad y calidad del agua. Esto implica evaluar la demanda proyectada de agua de diferentes sectores, como la agricultura, la industria, el abastecimiento urbano y la generación de energía, y establecer estrategias de gestión acorde a esas necesidades. La coordinación entre los diferentes actores y sectores involucrados, incluyendo los organismos gubernamentales, las autoridades locales, las empresas y las comunidades, es crucial para una gestión eficiente y equitativa del recurso.</p> <p>2. Conservación del agua: La adopción de prácticas y tecnologías que promuevan la conservación del agua es esencial en un escenario de cambio climático. Esto implica fomentar el uso eficiente del agua en todos los sectores, mediante el empleo de sistemas de riego más eficientes, la implementación de técnicas de reutilización y reciclaje del agua, y la promoción de prácticas de gestión sostenible en la industria y en los hogares. Además, se deben establecer medidas de protección de los ecosistemas acuáticos, como la conservación de áreas de recarga de acuíferos, la protección de las fuentes de agua y la restauración de ríos y humedales.</p> <p>3. Políticas y regulaciones: Es necesario contar con un marco normativo e institucional sólido que promueva la gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos. Esto implica establecer políticas y regulaciones claras que fomenten la conservación del agua, la protección de los ecosistemas acuáticos y la distribución equitativa del recurso. También es importante promover mecanismos de participación ciudadana en la toma de decisiones relacionadas con el agua, de manera que se tenga en cuenta las necesidades y preocupaciones de las comunidades locales.</p> <p>4. Monitoreo y evaluación: Para garantizar una gestión efectiva de los recursos hídricos, es necesario contar con sistemas de monitoreo y evaluación que permitan recolectar y analizar datos sobre la disponibilidad y calidad del agua. Estos sistemas permiten evaluar el estado de los recursos hídricos, identificar tendencias y patrones, y tomar decisiones informadas en función de la información recopilada. El monitoreo también es crucial para detectar y responder rápidamente a posibles problemas, como la sobreexplotación de acuíferos, la contaminación del agua o la aparición de sequías.</p>

En resumen, la gestión integrada de los recursos hídricos es fundamental para asegurar la sostenibilidad y resiliencia de la infraestructura hídrica compartida frente al cambio climático. Mediante la planificación y coordinación eficiente, la conservación del agua, la implementación de políticas y regulaciones adecuadas y el monitoreo constante, es posible garantizar un uso equitativo y sostenible del recurso, proteger los ecosistemas acuáticos y asegurar la disponibilidad de agua para las generaciones presentes y futuras.

2.4 Necesidad de invertir en infraestructura hídrica compartida

Chile, uno de los países con mayor riesgo de escasez hídrica, enfrenta un panorama que amenaza el crecimiento y es vital para la toma de decisiones de inversión. Dado que el agua es fundamental

para la mayoría de las actividades económicas, los cambios en el régimen hídrico requieren estrategias de adaptaciones flexibles y equitativas. Se necesitan políticas e inversiones en infraestructura para mejorar la seguridad hídrica, asignar el agua entre usos alternativos, asegurar el suministro, garantizar la calidad del agua y proteger a personas y activos de peligros relacionados con el agua. Estas acciones pueden generar oportunidades y reducir riesgos para diferentes regiones, sectores y comunidades, permitiendo el crecimiento económico, la inclusión y la reestructuración de las economías.

Tabla 3 ranking global estrés hídrico, Instituto mundial de recursos (WRI) – Escenario base países con puntaje entre 4-5 puntos considerados de riesgo hídrico extremadamente alto (>80%)

RANKING	PAÍS	PUNTAJE	CONTINENTE
1	Bahréin	5,00	Asia
2	Chipre	5,00	Asia
3	Kuwait	5,00	Asia
4	Líbano	5,00	Asia
5	Omán	5,00	Asia
6	Qatar	5,00	Asia
7	Emiratos Árabes Unidos	5,00	Asia
8	Arabia Saudita	4,98	Asia
9	Israel	4,94	Asia
10	Egipto	4,85	África
11	Libia	4,81	África
12	Yemen	4,69	Asia
13	Botsuana	4,66	África
14	Irán	4,65	Asia
15	Jordania	4,62	Asia
16	Chile	4,47	América
17	San Marino	4,45	Europa
18	Bélgica	4,41	Europa
19	Grecia	4,34	Europa
20	Túnez	4,28	África
23	Namibia	4,18	África
24	Sudáfrica	4,17	África
25	Iraq	4,15	Asia

Fuente: Aqeduct 4.0: Updated decision-relevant global water risk indicators." Technical Note. Washington, DC: World Resources Institute. <https://www.wri.org/aqueduct>

El cambio climático presenta desafíos significativos para los servicios hídricos esenciales para nuestra economía, sociedad y ecosistemas. Según el ranking global de estrés hídrico 2023 del Instituto Mundial de Recursos (WRI, por sus siglas en inglés), Chile se ubica en el puesto 16,

retrocediendo desde el 24 en 2015. Esto lo sitúa entre los 25 países con 'tensión hídrica extrema', utilizando al menos un 80% de su suministro renovable disponible. Las regiones de Atacama y Valparaíso presentan el mayor nivel de estrés hídrico, seguidas por la Región Metropolitana, Antofagasta, Coquimbo, y Arica y Parinacota.

Los determinantes no climáticos que afectan la disponibilidad del recurso incluyen cambios en el uso del suelo, crecimiento de actividades productivas, sobre otorgamiento de derechos de agua, emisiones de contaminantes y falta de tratamiento de agua y aguas residuales. La disminución de la oferta hídrica contrasta con el aumento de la demanda, impulsada por el crecimiento poblacional, mayor producción de alimentos, políticas económicas, entre otros.

Es decir, tanto los factores climáticos como no climáticos han incidido en el desbalance hídrico, siendo ambos factores reflejo del paradigma de desarrollo adoptado³.

Bajo este panorama, es urgente y prioritario generar e implementar medidas para mantener la seguridad hídrica. La evidencia empírica sugiere que la planificación de políticas debe enfocarse en prevención, adaptación y mitigación. Los impactos del cambio climático aumentarán con la temperatura global, y aunque muchos pueden abordarse mediante adaptación, los costos y opciones para una adaptación exitosa crecen con la intensificación del cambio climático. La adaptación efectiva depende de factores geográficos, climáticos y de restricciones institucionales, políticas y financieras. Las respuestas adaptativas pueden surgir de diversos ámbitos, incluyendo tecnológico, cultural, de gestión y políticas de planificación, pero su concreción depende de superar barreras ambientales, económicas, de transparencia de información, conductuales, entre otras.

La complejidad de los sistemas naturales requiere soluciones integradas, involucrando agentes multisectoriales e interdisciplinarios para responder a un problema común desde diversas perspectivas. Abordar el problema desde esta perspectiva abre oportunidades para desarrollar soluciones a través de inversiones en infraestructura multipropósito, pasando de la competencia a la cooperación y buscando alternativas más dinámicas, adaptables y equitativas. Esto permite compartir el recurso acuífero con las comunidades y actividades económicas en territorios mineros, generando valiosos retornos socioeconómicos al fortalecer la relación entre empresas mineras y comunidades, y crear condiciones para un crecimiento económico sostenible.

Este enfoque plantea el desafío de la seguridad hídrica como un problema de optimización restringida que se condiciona a variables de tiempo, asignación y tamaño de las inversiones, ya sea para minimizar costos o maximizar beneficios, sujeto a restricciones específicas. A pesar de las complejidades para valorar costos ambientales, sociales y de incertidumbre, es necesario

³ Moench, M., A. Dixit, S. Janakarajan, M.S. Rathore and S. Mudrakartha, 2003: The Fluid Mosaic: Water Governance in the Context of Variability, Uncertainty and Change - A Synthesis Paper. Nepal Water Conservation Foundation, Kathmandu, 71 pp.

identificar y evitar malas inversiones en seguridad hídrica; y, a pesar de sus limitaciones, el análisis costo-beneficio sigue siendo una herramienta útil para evaluar inversiones específicas relacionadas con el agua. La GIRH exige conocimiento profundo de la disponibilidad y calidad del agua, de las condiciones de su aprovechamiento y de los objetivos de cada cuenca. Una vez establecido esto, se pueden identificar las acciones y medidas deseables y viables para cada cuenca, a través de instancias de coordinación y participación entre los actores involucrados.

La necesidad de integración puede ser consensuada ante un desafío común, pero surgen interrogantes, en particular respecto de responsabilidades y compensaciones, como:

- ¿Deberían considerarse las externalidades negativas generadas por una deficiente gestión del uso de agua de cuencas por parte de empresas mineras al establecer quiénes y en qué porcentaje deberían asumir el costo de infraestructura compartida?
- ¿Debería el Estado asumir la responsabilidad de proveer agua a todos los sectores para mantener su atractivo para nuevas inversiones? ¿Cómo se incorporaría la compensación en este caso?
- ¿Qué intereses deberían reflejarse en el proceso de integración y cómo debería dirigirse ese proceso para asegurar que los intereses de todos los involucrados estén equitativamente reflejados?"

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) en Chile, permitirá explorar medidas de adaptación eficientes y colaborativas. Las estrategias exitosas incluyen captar opiniones sociales, reformar procesos de planificación, coordinar la gestión de recursos hídricos y terrestres, reconocer las conexiones entre cantidad y calidad del agua, uso conjunto de agua superficial y subterránea, proteger y restaurar sistemas naturales e incluir la consideración del cambio climático. Además, abordan explícitamente los obstáculos para el flujo de información. La escala apropiada para la integración depende de facilitar acciones efectivas en respuesta a necesidades específicas.

3. La infraestructura compartida y su relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

Chile, al igual que todos los estados que forman parte de la ONU, se adhirió en 2015 a la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Esta agenda establece un conjunto de 17 objetivos globales conocidos como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)⁴, diseñadas para ser una "hoja de ruta hacia un futuro mejor y más sostenible para todos". En este contexto, la gestión del recurso hídrico en Chile se enmarca dentro del Objetivo de Desarrollo Sostenible 6 (ODS 6), que se centra en garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, así como el saneamiento para todos.

Para alcanzar este objetivo, ha sido necesario comenzar con el reforzamiento del rol del Estado en la administración de los recursos hídricos e implementar la reforma del sector del agua, destacando en particular el nuevo Código de Aguas aprobado en 2022. Este enfoque refleja el compromiso de Chile con la integración del desarrollo económico, la inclusión social y el cuidado del medio ambiente de manera armónica y conjunta como sociedad, alineándose con los principios de la Agenda 2030.

Es así como dentro de las metas establecidas en el Informe Nacional Voluntario sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Chile 2023, elaborado por el Consejo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, Gobierno de Chile 2023, se resalta el fortalecimiento de la Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Este importante objetivo se llevará a cabo mediante 16 planes estratégicos diseñados por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), enfocados en cuencas piloto seleccionadas. En al menos 10 de estas cuencas se adoptará un modelo de gobernanza participativa para la gestión del agua, caracterizado por su enfoque intersectorial y con una marcada pertinencia territorial, integrando a representantes del Estado, el sector privado, la sociedad civil y la academia, promoviendo así una colaboración integral y multidisciplinaria. El informe también subraya la urgencia de aumentar la eficiencia en las inversiones en infraestructura hídrica. Esta prioridad se orienta a adaptarse a las variaciones previstas en el abastecimiento del recurso hídrico, incorporando nuevas fuentes como la reutilización de aguas residuales y la desalinización, estrategias que apuntan a un uso más óptimo del agua y a garantizar su disponibilidad sostenible frente a desafíos futuros relacionados con el cambio climático y el crecimiento demográfico.

Cada ODS incluye metas específicas e indicadores para medir su progreso, fomentando una acción global coordinada entre gobiernos, empresas y la sociedad civil.

⁴ La información completa sobre la Agenda 2030 sobre Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas se encuentra en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>

La infraestructura compartida se vincula estrechamente con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), destacando los siguientes:

Tabla 4 Los ODS e Infraestructura hídrica compartida

OBJETIVO	DESCRIPCIÓN DE LA RELACIÓN CON INFRAESTRUCTURA HÍDRICA COMPARTIDA
ODS 6	Busca garantizar el acceso a agua limpia y saneamiento para todos, se ve beneficiado por la infraestructura compartida al proporcionar acceso equitativo y sostenible al agua potable y al saneamiento básico. Esto se logra a través de la construcción de represas y sistemas de tratamiento de aguas residuales, que no solo aseguran el suministro de agua, sino que también promueven la gestión adecuada de los recursos hídricos, fomentando su conservación y uso eficiente.
ODS 8	Busca promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, y el empleo pleno y productivo, se beneficia de la infraestructura compartida al impulsar el crecimiento económico y generar empleo. La construcción de infraestructuras de transporte y logística mejora la conectividad y facilita el comercio, lo que a su vez impulsa el crecimiento económico y la creación de empleo. Además, los proyectos de infraestructura compartida generan empleo local durante su construcción y operación, contribuyendo al desarrollo de la comunidad.
ODS 10	Busca reducir las desigualdades dentro y entre los países, la infraestructura compartida juega un papel importante al garantizar el acceso equitativo a servicios básicos. Al planificar y diseñar la infraestructura de manera inclusiva, se pueden abordar las brechas existentes y asegurar que las comunidades más vulnerables tengan acceso a agua, energía y transporte de calidad. Esto contribuye a reducir las desigualdades socioeconómicas y promover la inclusión social.
ODS 13	Se enfoca en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos, se ve respaldado por la infraestructura compartida al contribuir a la mitigación y adaptación al cambio climático. La construcción de sistemas de almacenamiento de agua permite gestionar los efectos de la variabilidad climática, como sequías e inundaciones. Además, la adopción de tecnologías y prácticas sostenibles en la infraestructura compartida, como el uso de energía renovable y la eficiencia energética, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y promueve un desarrollo más sostenible y resilientes

Fuente: Elaboración propia

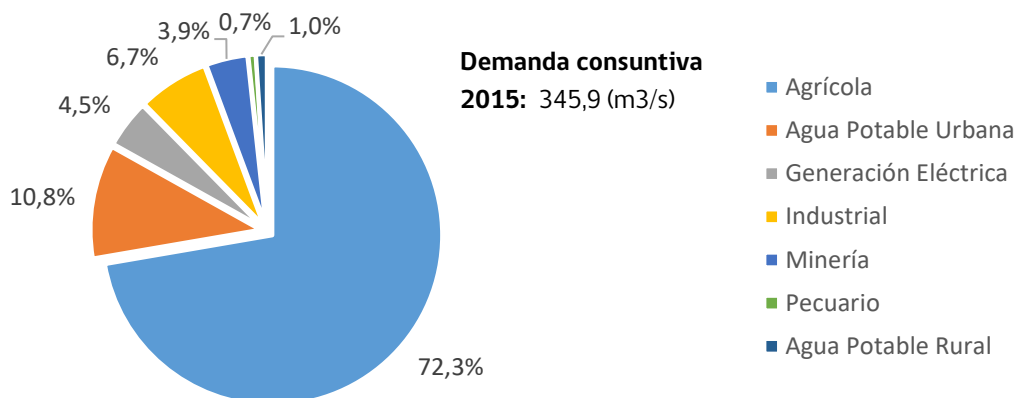
Es importante destacar que la implementación de la infraestructura compartida debe llevarse a cabo de manera sostenible, considerando los aspectos ambientales y sociales. Esto implica evaluar cuidadosamente los impactos potenciales en los ecosistemas, la biodiversidad y las comunidades locales, así como garantizar la participación activa y el consentimiento informado de las partes interesadas. De esta manera, la infraestructura compartida puede ser una herramienta efectiva para avanzar hacia la consecución de los ODS, promoviendo el desarrollo sostenible y mejorando la calidad de vida de las personas.

4. Análisis de la demanda de agua

4.1 Demanda futura de agua por parte de los sectores de minería

En Chile, los tres sectores con la mayor demanda de agua consuntiva son el uso agrícola (72,3%), el consumo de agua potable urbana (10,8%) y el agua utilizada en el sector industrial (6,7%), según datos de la DGA de 2015 (Figura 4). En este sentido, la agricultura depende del riego para cultivar. En muchas regiones, especialmente en climas secos o semiáridos, se requiere un riego extensivo puede consumir grandes cantidades de agua, especialmente en cultivos que requieren mucha agua o en técnicas de riego ineficientes. Las técnicas de riego tradicionales, como el riego por inundación, pueden llevar a una gran pérdida de agua debido a la evaporación, el escurrimiento superficial y la filtración. Por otro lado, la demanda de agua urbana es proporcional al número de habitantes en la ciudad. Se estima que a principios de la década de 1970 había cerca de 8,8 millones de habitantes, de los cuales el 75.1% residía en zonas urbanas. Ya para 2017, se estima una población de 17,5 millones de habitantes, casi duplicando su población en aproximadamente 50 años. Así, a medida que la población se expande, mayor es el estrés que se impone en aquellas zonas geográficas donde el recurso hídrico es menos abundante.

Figura 4 Participación de la demanda consuntiva de agua en Chile según sector

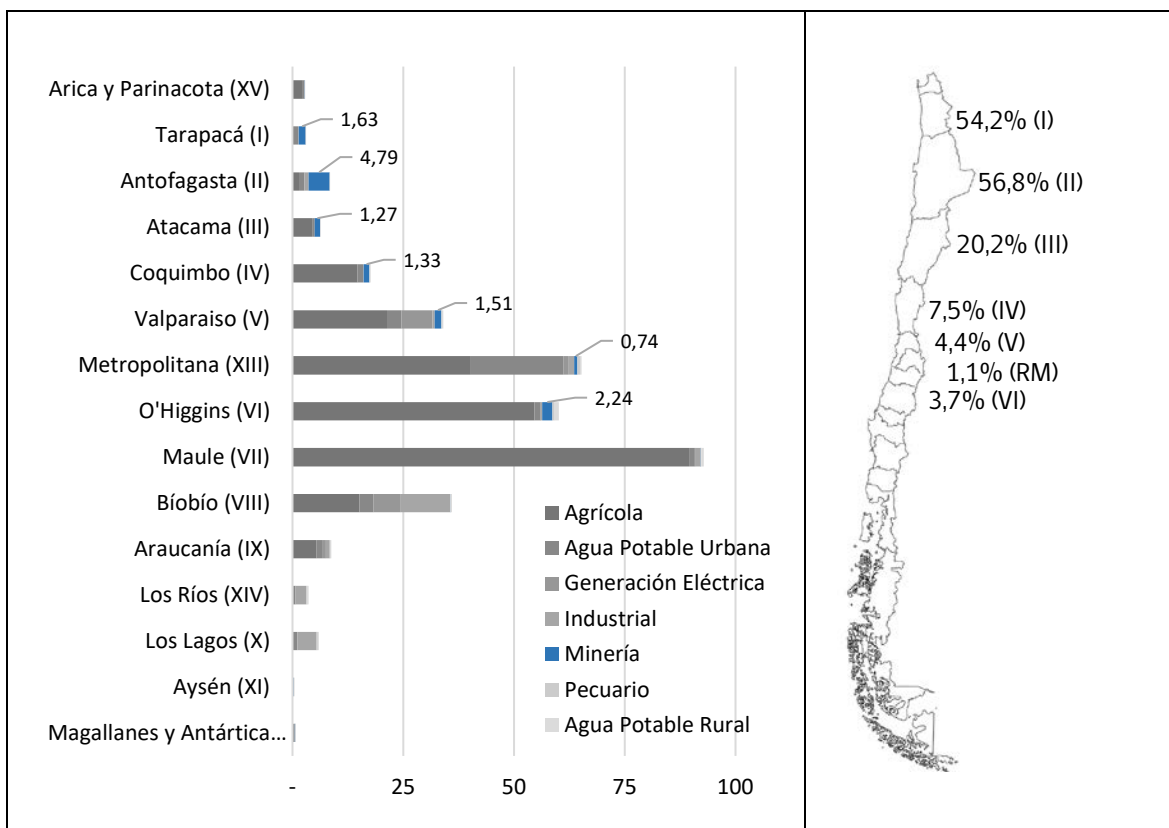


Fuente: Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile, Dirección General de Aguas, Agosto 2017.

La minería representó el 3,9% de la demanda consuntiva a nivel nacional en 2015, según datos de la DGA. Aunque esta cifra puede parecer relativamente baja, es importante destacar que gran parte del consumo del sector minero se concentra en el norte grande de Chile, donde el recurso hídrico es escaso. En este contexto, las regiones de Tarapacá, Antofagasta y Atacama destacan por su alta participación relativa en el consumo minero, lo que las convierte en zonas de estrés hídrico significativo. En Tarapacá, el 54,2% del consumo, estimado en 1,63 m³/s, corresponde al sector minero. De manera similar, en la región de Antofagasta, la minería representa el 56,8% del consumo, con un total de 4,79 m³/s. Esta alta demanda de agua se debe principalmente a la minería

del cobre, la cual es intensiva en el uso del recurso, especialmente por las magnitudes de extracción y procesamiento de este mineral en las regiones mencionadas.

Figura 5 Demanda hídrica consuntiva nacional 2025 (m3/seg)

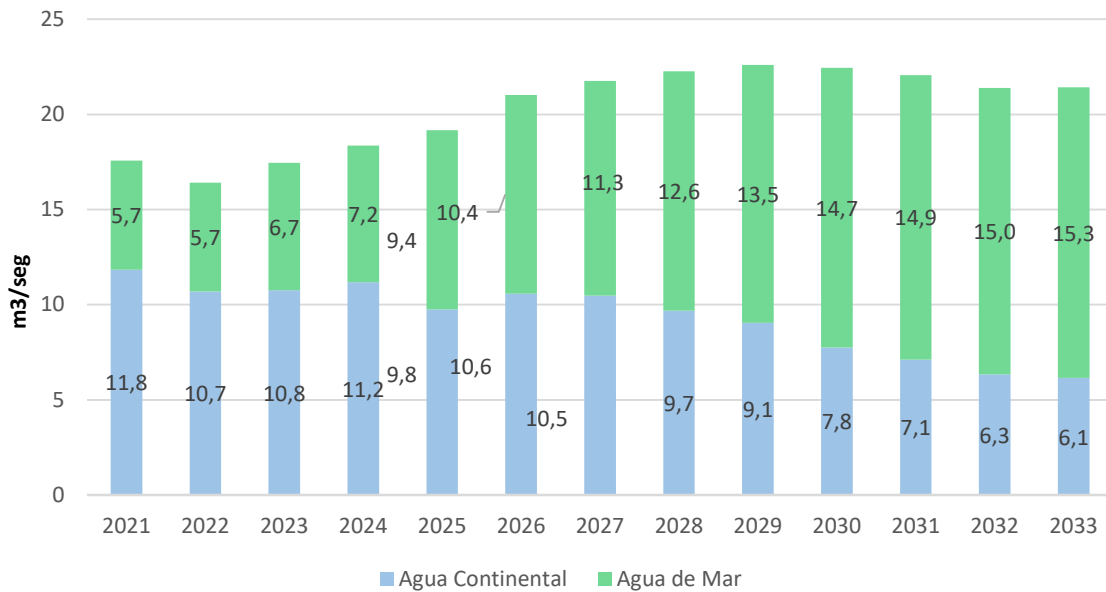


Fuente: Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile, Dirección General de Aguas, Agosto 2017.

La minería del cobre, que se prevé continuará creciendo durante la próxima década, muestra un incremento particular en la producción de concentrados de cobre. Este tipo de producción es más intensiva en el uso de agua en comparación con la producción de cátodos de cobre a través de la lixiviación. Sin embargo, cabe destacar los esfuerzos significativos de la industria minera para aumentar la eficiencia en sus procesos productivos, con el objetivo de reducir el consumo de agua en los procesos unitarios y reciclar la mayor cantidad posible de agua utilizada en sus operaciones.

Paralelamente, la industria del cobre ha avanzado en la implementación del uso de agua de mar en sus procesos productivos. Esta tendencia incluye tanto el uso de agua de mar desalada como salada, lo que representa un cambio importante en la gestión de recursos hídricos, especialmente en regiones donde el agua dulce es un recurso escaso. Estos avances tecnológicos y estrategias de gestión del agua reflejan un compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia en un sector que es vital para la economía, pero que también enfrenta desafíos ambientales y de sostenibilidad.

Figura 6 Proyección esperada demanda de agua en la minería del cobre según origen 2022-2033



Fuente: Proyección de demanda de agua en la minería del cobre 2022, COCHILCO

De cara al futuro, se espera que la demanda de agua en la minería del cobre experimente cambios significativos. Se proyecta que la incorporación de proyectos de desalación e impulsión de agua de mar en la minería reducirá considerablemente la presión sobre los recursos hídricos continentales, especialmente en el norte de Chile, una zona caracterizada por su aridez y dependencia del sector minero. Para 2033, se estima que la demanda de agua consuntiva continental en la minería del cobre será de solo 6,15 m³/s, lo que supone una reducción del 45% en comparación con el consumo real de agua continental del sector en 2021.

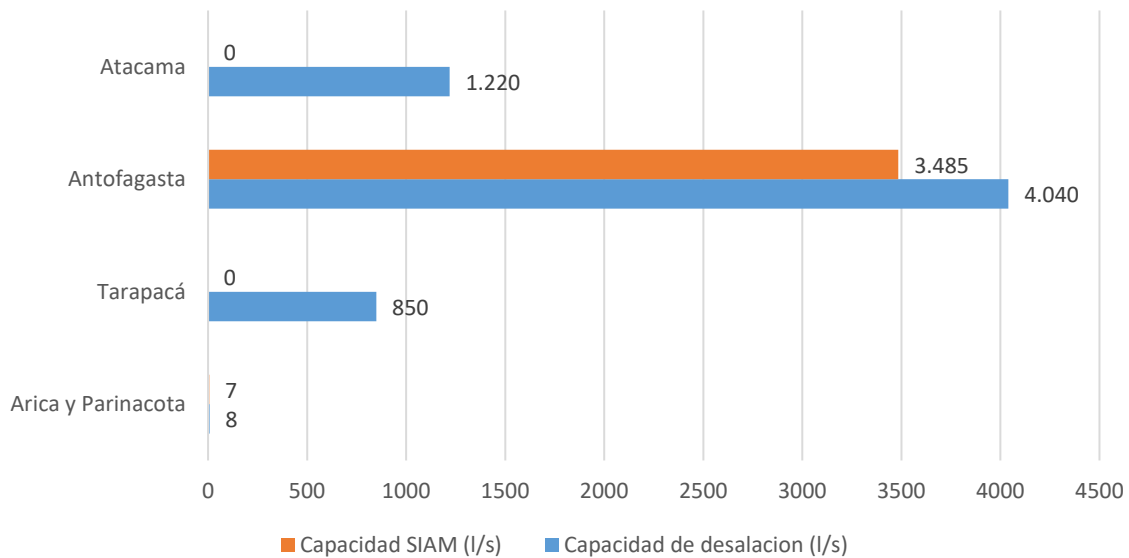
En términos de la distribución porcentual del agua para la minería del cobre, los datos indican que para el año 2033, se espera que el agua de mar constituya el 71% del suministro total de agua para satisfacer la demanda de este sector. Este cambio en la fuente de suministro de agua no solo aliviará la presión sobre los recursos hídricos locales, sino que también representa un paso hacia una minería más sostenible y respetuosa con el medio ambiente, alineándose con las tendencias globales de sostenibilidad y eficiencia de recursos.

4.2 Oferta de agua de mar para la minería

Para los próximos años se espera un auge en el volumen de agua de mar utilizado en el sector minero, ya sea agua de mar desalinizada o utilizada directamente en los procesos. A las actuales 15 plantas en operación se sumarán 4 plantas que ya están en construcción y 15 proyectos al 2030, en distintas condiciones dependiendo de la probabilidad de materialización.

Al 2023 la capacidad instalada de uso de agua de mar fue de 6,17 m³/seg de desalación y 3,5 m³/seg de agua de mar directa. A continuación se muestra la capacidad instalada de agua de mar según región al año 2023 para el sector minero.

Figura 7 capacidad instalada de uso de agua de mar en la minería al 2023 en Chile (litros/seg)

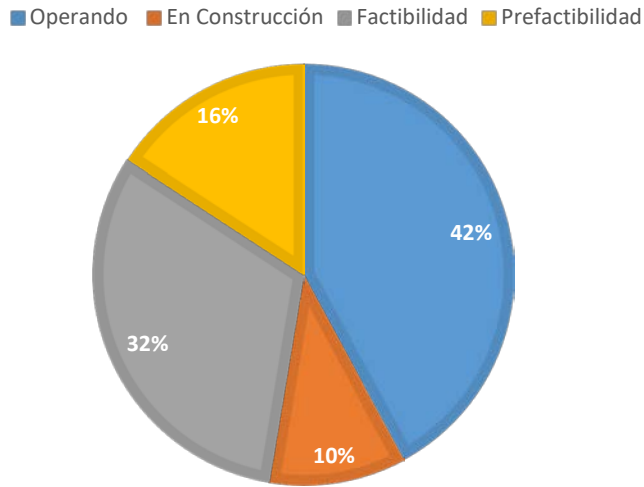


Fuente: Elaboración propia

Al 2023, la región de Antofagasta es la región con mayor capacidad instalada de agua de mar para la minería.

La figura 5 muestra la distribución del número de proyectos de agua de mar según etapa de desarrollo

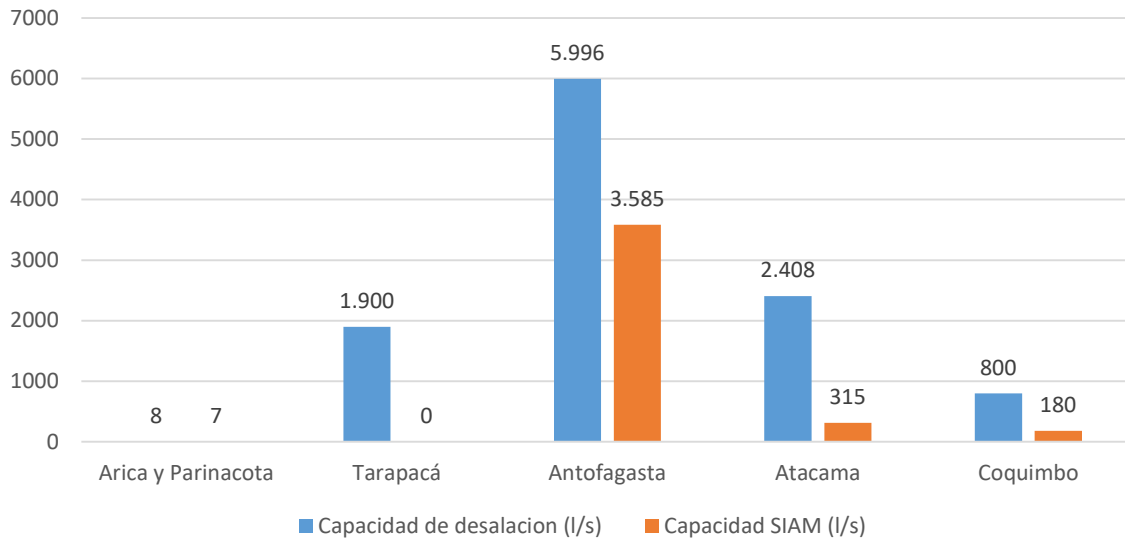
Figura 8 Distribución de proyectos de agua de mar según etapa de desarrollo para el sector minero en Chile



Fuente: Elaboración propia

Al analizar los próximos 10 años vemos que la capacidad instalada de agua de mar aumentara considerablemente como se muestra a continuación llegando a más de 15 m³/seg. Sin embargo hay que considerar que gran parte de estos proyectos están en etapas que conllevan un porcentaje de incertidumbre alto.

Figura 9 Capacidad proyectada de agua de mar para la minería al 2030 (litros/seg)



Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Catastro de agua de mar en la minería al 2023 - Operaciones y proyectos

Año puesta en Marcha	Compañía	Proyecto	Región	Etapas de desarrollo	Condición	Estado de los permisos ambientales	Tipo	Capacidad de desalación (l/s)	Capacidad SIAM (l/s)	Longitud tuberías transporte agua (km)	de de
ND	ENAMI	Planta J.A. Moreno (Taltal)	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	-	5	2	
1996	GRUPO MINERO LAS CENIZAS	Las Cenizas Taltal	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	-	50	7	
2005	MANTOS DE LA LUNA	Mantos de la Luna	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	-	30	8	
2006	BHP BILLITON	Escondida - Planta Coloso	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	525	-	180	
2010	ANTOFAGASTA MINERALS	Distrito Centinela (Esperanza + El Tesoro)	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	-	1500	145	
2013	LUNDIN MINING	Candelaria	Atacama	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	500	-	110	
2014	Capstone Copper	Mantoverde	Atacama	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	120	-	42	
2014	KGHM INT.	Sierra Gorda	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	-	1500	142	
2014	CAP Minería	Cap Minería y otros clientes	Atacama	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	600		120	
2015	PAMPA CAMARONES	Pampa Camarones	Arica y Parinacota	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	7,5	7	12	
2017	ANTOFAGASTA MINERALS	Antucoya	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Operación		280	145	
2018	BHP BILLITON	Escondida EWS y EWSE	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	2500	-	180	

2019	Haldeman	Continuidad operacional faena minera Michilla	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Reapertura	15	70	15
2021	BHP BILLITON	Spence Growth Option (SGO)	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	1000	-	154
2022	GRUPO MINERO LAS CENIZAS	Aumento de Capacidad del Sistema de Abastecimiento de Agua de Mar - Faena Taltal	Antofagasta	Operando	Base	RCA aprobada	Ampliación	-	50	7
2023	TECK	Quebrada Blanca Hipógeno	Tarapacá	Operando	Base	RCA aprobada	Operación	850 (potencial de 1.200)	-	165
2023	ANTOFAGASTA MINERALS	Proyecto de Infraestructura Complementaria (INCO)	Coquimbo	En Construcción	Base	EIA Aprobado	Nuevo	400	-	150
2023	Capstone Copper	Proyecto Desarrollo Mantoverde (PDMV)	Atacama	En Construcción	Base	EIA Aprobado	Ampliación	agrega 260	-	42
2024	ANTOFAGASTA MINERALS	Proyecto Polo Sur y Optimización Minera Centinela	Antofagasta	Factibilidad	Probable	EIA Aprobado	Reposición	-	1500 *	145
2025	CODELCO-CHILE	Planta desaladora Distrito Norte	Antofagasta	En Construcción	Base	EIA Aprobado	Nuevo	840-1956	-	160
2025	LUNDIN MINING	Candelaria - Optimización y Continuidad Operacional	Atacama	Factibilidad	Probable	EIA Aprobado	Ampliación	agrega 100	-	110
2025	HMC	Plan de Desarrollo Michilla	Antofagasta	Factibilidad	Probable	DIA Aprobado	Reposición	15	-	
2026	COLLAHUASI	Collahuasi	Tarapacá	En Construcción	Base	EIA Aprobado	Ampliación	525 - 1050	-	195
2026	Copper Bay	Playa Verde	Atacama	Factibilidad	Probable	En Calificación	Nuevo	Sin información	Sin información	Sin información
2027	ANTOFAGASTA MINERALS	Proyecto Operacional Adaptación	Coquimbo	Factibilidad	Probable	EIA Aprobado	Ampliación	agrega 400	-	150
2027	ANGLO AMERICAN	Proyecto Integrado Los Bronces	RM-Valparaíso	Factibilidad	Probable	EIA Aprobado/DIA modificaciones	Ampliación	500 compra a terceros (Aguas		

									Pacifico Aconcagua)	-		
2028	Capstone Copper	Distrito MV-SD Integración	Plan de	Atacama	Prefactibilidad	Posible	Sin EIA	Ampliación	agrega 460	-	112	
2028	Compañía Minera Zaldívar	Extensión de vida útil con transición hídrica		Antofagasta	Factibilidad	Probable	En Calificación	Reposición		-		
2028	ENAMI	Modernización HVL -Paipote	Fundición	Atacama	Factibilidad	Posible	En Calificación	Nuevo	Sin información	Sin información	Sin información	
2028	Grupo Minero Las Cenizas	Abastecimiento Agua de Mar Minera Franke		Antofagasta	Factibilidad	Posible	En Calificación	Nuevo	-	100	105	
2028	Pucobre	El Espino		Coquimbo	Factibilidad	Probable	EIA Aprobado	Nuevo	-	180	64	
2029	Hot Chili	Costa fuego (Ex productora)		Atacama	Prefactibilidad	Potencial	Sin EIA	Nuevo	368		62	
2029	Los Andes Copper ltd.	Desarrollo Vizcachitas	Proyecto	Valparaíso	Prefactibilidad	Potencial	Sin EIA	Nuevo	270 compra terceros (Desala Petorca)			
2030	Compañía Minera Sierra Norte S.A	Sierra Norte (Ex Diego de Almagro)		Atacama	Prefactibilidad	Potencial	EIA Aprobado	Nuevo	-	315	61	
2030	Andes Iron	Dominga (Hierro)		Coquimbo	Factibilidad	Potencial	En trámite Tribunal Ambiental	Nuevo	500	-		
2033	Teck y Newmont	Nueva Unión Fase 1		Atacama	Prefactibilidad	Potencial	Sin EIA	Nuevo	700	-		
2033	Freeport	El Abra Mill Project		Antofagasta	Factibilidad	Potencial	Sin EIA	Ampliación	Sin información	Sin información	Sin información	
S.I.	Marimaca copper corp	Marimaca		Antofagasta	Prefactibilidad	Potencial	Sin EIA	Nuevo	Sin información	Sin información	25	

Fuente: Elaboración propia en base a información pública

4.2.2 Catastro de Proyectos multipropósito

Proyectos Multipropósito	Compañía	Proyecto	Región	Etapas de desarrollo	Condición	Estado de los permisos ambientales	Tipo	Capacidad de desalación (l/s)
S.I.	Agua-Sol	ENAPAC (Energías y Aguas del Pacífico).	Atacama	Prefactibilidad	Posible	EIA Aprobado	Nuevo	1750
S.I.	Seven Seas Water	Planta desaladora bahía caldera	Atacama	Prefactibilidad	Potencial	DIA Aprobado 2013	Nuevo	92,6
2026	Aguas marítimas	CRAMSA	Antofagasta	Factibilidad	Posible	En Calificación	Nuevo	8000
2025	Aguas Pacífico	Proyecto Aconcagua	Valparaíso	En Construcción	Base	EIA Aprobado	Nuevo	1000
2026	DESALA	Desaladora Petorca	Valparaíso	Prefactibilidad	Posible	Sin EIA	Nuevo	1200
2026	DESALA	Proyecto agua para la provincia de Choapa (Huentelauquén)	Coquimbo	Prefactibilidad	Potencial	Sin EIA	Nuevo	1000
2027	Oceanus Chile	Proyecto Azul	Coquimbo	Factibilidad	Potencial	Sin EIA	Nuevo	600-1200

Fuente: Elaboración propia en base a información pública

5. Beneficios y riesgos asociados a la infraestructura compartida

Los modelos de infraestructura compartida u optimizada se pueden aplicar de diferentes maneras en el contexto de la infraestructura hídrica:

- **Compartir recursos hídricos:** En lugar de construir infraestructuras separadas para abastecimiento de agua potable, riego o generación de energía hidroeléctrica, se puede promover el uso compartido de recursos hídricos. Esto implica diseñar y gestionar sistemas integrados que puedan satisfacer múltiples necesidades con una sola infraestructura. Por ejemplo, un embalse podría ser utilizado tanto para el suministro de agua potable como para la generación de energía hidroeléctrica.
- **Optimización del uso del agua:** Mediante el uso de tecnologías avanzadas y prácticas eficientes, es posible optimizar el uso del agua en la infraestructura hídrica. Esto implica minimizar las pérdidas de agua en los sistemas de distribución, adoptar sistemas de riego eficientes en la agricultura y utilizar tecnologías de tratamiento de aguas residuales que reduzcan el consumo de agua.
- **Integración de infraestructuras:** La integración de infraestructuras hídricas puede implicar la conexión de diferentes sistemas de abastecimiento de agua, distribución y tratamiento de aguas residuales. Esto permite un uso más eficiente de los recursos hídricos y una mejor gestión de los flujos de agua en la región.
- **Planificación conjunta:** La aplicación de modelos de infraestructura compartida u optimizada requiere una planificación conjunta entre diferentes actores, como agencias gubernamentales, empresas privadas y comunidades locales. Es necesario establecer mecanismos de coordinación y colaboración para identificar oportunidades de sinergias y maximizar los beneficios compartidos.

Estos enfoques pueden ayudar a mejorar la eficiencia, la sostenibilidad y la resiliencia de la infraestructura hídrica, al tiempo que promueven un uso más integrado y colaborativo de los recursos. Sin embargo, es importante tener en cuenta las características específicas de cada contexto y adaptar los modelos de infraestructura compartida u optimizada a las necesidades y condiciones locales.

5.1 Beneficio potenciales de la infraestructura hídrica compartida

A continuación se detallan algunos de los posibles beneficios de la infraestructura hídrica compartida considerando los sectores demandantes de agua y sus impactos económicos, sociales y ambientales.

Tabla 3 Posibles beneficios de la infraestructura hídrica compartida

BENEFICIOS POTENCIALES	IMPACTO ECONÓMICO	IMPACTO AMBIENTAL	IMPACTO SOCIAL
ABASTECIMIENTO DE AGUA SEGURO Y CONTINUO PARA DIVERSOS SECTORES	Promueve el desarrollo económico sostenible al garantizar el suministro de agua necesario para actividades productivas, incluido el sector minero.	Conservación de los ecosistemas acuáticos y la biodiversidad al mantener un equilibrio adecuado en el uso y gestión de los recursos hídricos.	Mejora la calidad de vida de las comunidades al proporcionar acceso confiable y seguro al agua potable y al apoyar actividades económicas locales, incluida la generación de empleo en el sector minero.
OPTIMIZACIÓN EN EL USO DEL AGUA A TRAVÉS DE SISTEMAS EFICIENTES	Permite un uso más eficiente y equitativo del agua, lo que puede aumentar la productividad en el sector minero y reducir los costos operativos.	Reducción del desperdicio de agua y la sobreexplotación de los recursos hídricos, contribuyendo a la conservación de los ecosistemas acuáticos.	Fomenta la equidad en el acceso al agua, especialmente en comunidades cercanas a operaciones mineras, y puede promover el desarrollo de actividades económicas sostenibles en estas áreas.
CONTROL DE INUNDACIONES Y REDUCCIÓN DE RIESGOS	Minimiza los daños económicos causados por inundaciones, lo que puede proteger las instalaciones mineras y reducir los costos de reparación y reconstrucción.	Protección y conservación de los ecosistemas acuáticos y terrestres al prevenir la degradación causada por inundaciones.	Incrementa la seguridad y el bienestar de las comunidades al reducir los riesgos asociados con inundaciones y mejorar la resiliencia ante eventos climáticos extremos, incluyendo las operaciones mineras y las comunidades cercanas a estas.
DESALINIZACIÓN DEL AGUA DE MAR PARA USO EN MINERÍA	Permite el acceso a agua dulce para las operaciones mineras en áreas donde el agua dulce es escasa, lo que garantiza un suministro confiable y reduce la competencia por recursos hídricos limitados.	Reducción de la presión sobre los recursos hídricos de agua dulce, conservando y protegiendo los ecosistemas acuáticos y terrestres.	Mejora la sostenibilidad de las operaciones mineras al reducir la presión sobre los recursos hídricos de agua dulce y puede beneficiar a las comunidades locales al liberar agua dulce para otros usos.
MEJORA EN LA GESTIÓN Y CALIDAD DEL AGUA	Facilita el monitoreo y control de la calidad del agua utilizado en las operaciones mineras, lo que puede prevenir la contaminación y proteger el entorno acuático.	Conservación de los recursos hídricos y protección de los ecosistemas acuáticos al promover prácticas de gestión sostenible del agua en el sector minero.	Mejora la salud y el bienestar de las comunidades cercanas a las operaciones mineras al asegurar la calidad del agua y proteger los ecosistemas locales.

Fuente: Elaboración propia

5.2 Riesgos posibles asociados con la implementación de la infraestructura hídrica compartida

A continuación se muestran algunos posibles riesgos de la infraestructura hídrica compartida considerando aspectos sociales, ambientales, económicos y de gobernanza.

Tabla 4 Posibles riesgos de la infraestructura hídrica compartida

RIESGOS	IMPACTOS ECONÓMICOS	IMPACTOS AMBIENTALES	IMPACTOS SOCIALES
COMPETENCIA POR RECURSOS HÍDRICOS	Posible aumento de los precios del agua	Disminución de la disponibilidad de agua dulce debido a la desalinización a gran escala	Conflictos por el acceso y el uso del agua entre diferentes sectores y usuarios. Impacto en las comunidades locales y los sistemas de vida tradicionales que dependen del agua dulce
ESCALADA DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN	Aumento de los costos de inversión y operativos	Mayor consumo de energía para el proceso de desalinización, lo que podría llevar a un aumento en los costos de energía. Generación de salmuera y su disposición adecuada puede requerir costos adicionales	Posible desplazamiento de comunidades costeras debido a la construcción de infraestructuras. Impacto en la pesca y otras actividades económicas relacionadas con el mar debido a los cambios en la calidad del agua y la vida marina
POSIBLES IMPACTOS NEGATIVOS EN LOS ECOSISTEMAS	Alteración de los ecosistemas acuáticos y terrestres, incluyendo cambios en los flujos de agua y la afectación de las especies nativas	Pérdida de hábitats naturales, disminución de la biodiversidad y posibles alteraciones en los ciclos hidrológicos	Posible afectación de la pesca, actividades recreativas y culturales asociadas a los ecosistemas acuáticos
CONFLICTOS POR EL USO Y LA ASIGNACIÓN DEL AGUA	Tensiones y conflictos entre diferentes sectores económicos y usuarios del agua	Disputas y falta de consenso en la asignación y distribución equitativa del agua	Tensiones sociales y posibles enfrentamientos entre grupos de interés

Fuente: Elaboración propia

6. Desafíos relacionados con el cambio climático

La infraestructura hídrica compartida busca fortalecer la resiliencia frente al cambio climático y minimizar los posibles impactos negativos en el suministro de agua y los ecosistemas.

El análisis de los desafíos relacionados con el cambio climático en el contexto de la infraestructura hídrica compartida es crucial para garantizar la resiliencia de la región frente a los impactos adversos y minimizar las posibles consecuencias negativas en el suministro de agua y los ecosistemas.

Esta tabla muestra cómo la infraestructura hídrica se relaciona con el cambio climático a través de consideraciones como la disponibilidad de agua, la eficiencia en el uso del recurso, la adaptación a eventos climáticos extremos y la resiliencia frente a cambios en el clima.

Tabla 5 Infraestructura hídrica compartida y su relación con el cambio climático

ASPECTO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO DE PROYECTOS	DE RELACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO
ABASTECIMIENTO	Medida en la que se provee agua potable a la población	Construcción de plantas de tratamiento de agua	Evaluación de la disponibilidad de agua en condiciones climáticas cambiantes.
RIEGO	Uso de agua para irrigación agrícola	Sistemas de riego por goteo	Adopción de técnicas de riego eficientes para optimizar el uso del agua en condiciones de sequía o cambio en los patrones de precipitación.
ENERGÍA	Generación de energía a través del agua	Represas y centrales hidroeléctricas	Evaluación de la disponibilidad de agua para la generación de energía hidroeléctrica en condiciones de variabilidad climática.
CONTROL DE INUNDACIONES	Medidas para prevenir inundaciones y proteger zonas bajas	Construcción de diques y canales de desviación	Consideración de los patrones de precipitación y el aumento del nivel del mar para el diseño de infraestructuras de protección costera y control de inundaciones.
TRATAMIENTO	Procesos para eliminar contaminantes del agua	Plantas de tratamiento de aguas residuales	Adaptación de las plantas de tratamiento para lidiar con la variabilidad en la calidad del agua debido a eventos climáticos extremos.
DISTRIBUCIÓN	Sistema de transporte y distribución de agua	Red de tuberías y sistemas de distribución urbana	Evaluación de la infraestructura de distribución para asegurar la resiliencia frente a eventos climáticos extremos y cambios en la demanda de agua.
MONITOREO	Seguimiento y evaluación de la calidad del agua	Estaciones de monitoreo y análisis de muestras	Monitoreo de los cambios en la calidad del agua debido a la influencia del clima y eventos extremos.

Fuente: Elaboración propia

Es importante tener en cuenta estas interacciones al planificar y diseñar proyectos de infraestructura hídrica para garantizar su sostenibilidad y capacidad de respuesta a los desafíos del cambio climático.

A continuación, se presentarán medidas de adaptación y mitigación que pueden fortalecer la capacidad de respuesta de la infraestructura hídrica compartida ante el cambio climático; gestión integrada de los recursos hídricos, diversificación de fuentes de agua, infraestructura de almacenamiento y distribución, monitoreo y alerta temprana y conservación y restauración de ecosistemas acuáticos.

Es fundamental destacar que estas medidas deben ser adaptadas a las características específicas de cada región y considerar la participación activa de los actores involucrados, incluyendo a las comunidades locales, los gobiernos, las empresas y las organizaciones de la sociedad civil. Además, es necesario contar con una inversión sostenida en investigación, desarrollo tecnológico y capacitación, para mejorar continuamente las prácticas de adaptación y mitigación en relación con la infraestructura hídrica compartida frente al cambio climático.

6.1 Diversificación de fuentes de agua

Ante el escenario de cambio climático, es importante diversificar las fuentes de agua para reducir la dependencia de fuentes sensibles a la variabilidad climática, como los glaciares y las precipitaciones. Esto implica explorar alternativas como la desalinización de agua de mar, el aprovechamiento de aguas residuales tratadas y la captación de agua de lluvia. Estas soluciones pueden complementar el suministro de agua y aumentar la resiliencia frente a las fluctuaciones climáticas.

La diversificación de fuentes de agua es una medida clave para fortalecer la resiliencia de la infraestructura hídrica compartida frente al cambio climático. Ante la incertidumbre y los posibles impactos en las fuentes tradicionales de agua, es fundamental explorar y aprovechar alternativas que reduzcan la dependencia de recursos hídricos sensibles a la variabilidad climática. A continuación se desarrollan algunas estrategias de diversificación de fuentes de agua:

- **Desalinización de agua de mar:** La desalinización es un proceso que permite obtener agua potable a partir del agua de mar. Esta tecnología ha avanzado considerablemente en las últimas décadas, volviéndose más eficiente y accesible. La implementación de plantas desalinizadoras puede ser una solución efectiva en regiones costeras con acceso limitado a fuentes de agua dulce. Esta alternativa no solo aumenta la disponibilidad de agua, sino que también reduce la presión sobre los recursos hídricos terrestres.
- **Aprovechamiento de aguas residuales tratadas:** Las aguas residuales generadas por actividades humanas pueden ser tratadas y reutilizadas para diferentes fines, como riego agrícola, uso industrial o incluso abastecimiento urbano no potable. Esta práctica, conocida como reutilización o aprovechamiento de aguas residuales tratadas, permite un uso más

eficiente y sostenible del recurso. Además, contribuye a la protección del medio ambiente al reducir la descarga de aguas residuales sin tratar en los cuerpos de agua.

- **Captación de agua de lluvia:** La captación de agua de lluvia consiste en recolectar y almacenar el agua que cae durante las precipitaciones. Esta técnica puede ser aplicada a diferentes escalas, desde sistemas domésticos hasta infraestructuras a gran escala. El agua de lluvia captada puede utilizarse para el riego, la recarga de acuíferos o incluso para usos no potables en el ámbito urbano. La captación de agua de lluvia ayuda a diversificar las fuentes de agua, especialmente en zonas donde las precipitaciones son escasas o irregulares.

Estas estrategias de diversificación de fuentes de agua tienen el potencial de complementar el suministro tradicional de agua y aumentar la resiliencia de la infraestructura hídrica compartida frente al cambio climático. Sin embargo, es importante tener en cuenta aspectos técnicos, económicos y ambientales al implementar estas soluciones. Cada región debe evaluar la viabilidad y adecuación de estas alternativas en función de sus características específicas, considerando la calidad del agua, los costos asociados, la disponibilidad de energía y los posibles impactos ambientales.

6.2 Infraestructura de almacenamiento y distribución

El desarrollo de infraestructura de almacenamiento, como embalses y represas, puede ayudar a gestionar los flujos de agua y garantizar un suministro constante en épocas de escasez. Estas estructuras permiten captar y almacenar agua durante los períodos de lluvia o deshielo, para luego distribuirla de manera planificada durante las estaciones secas. Además, se deben considerar sistemas de distribución eficientes que minimicen las pérdidas de agua durante el transporte y la entrega.

La infraestructura de almacenamiento y distribución de agua desempeña un papel fundamental en la gestión de los recursos hídricos y en la adaptación al cambio climático. A continuación, se detallan las medidas de infraestructura de almacenamiento y distribución de manera más exhaustiva:

- **Embalses y represas:** El desarrollo de embalses y represas es una estrategia efectiva para almacenar grandes volúmenes de agua durante los períodos de alta disponibilidad, como las temporadas de lluvia o deshielo. Estas estructuras permiten regular los flujos hídricos y asegurar un suministro constante en épocas de escasez. Además, los embalses pueden proporcionar agua para riego agrícola, generación de energía hidroeléctrica, abastecimiento urbano y otros usos múltiples.
- **Gestión de embalses:** Es importante implementar una gestión adecuada de los embalses para optimizar su funcionamiento y garantizar un equilibrio entre la oferta y la demanda de agua. Esto implica establecer protocolos de operación que consideren las necesidades de los diferentes usuarios y sectores, así como los criterios técnicos y ambientales. Asimismo, es

esencial monitorear y prever los cambios en los patrones climáticos y los niveles de agua para tomar decisiones informadas y evitar situaciones de escasez o exceso.

- **Sistemas de distribución eficientes:** Una parte importante de la infraestructura hídrica compartida es el sistema de distribución que lleva el agua desde los embalses hasta los usuarios finales. Para maximizar la eficiencia y minimizar las pérdidas de agua, es necesario implementar tecnologías y prácticas que optimicen el transporte y la entrega del recurso. Esto puede incluir sistemas de conducción de agua mejorados, reparación de fugas y la adopción de técnicas de riego más eficientes en la agricultura.
- **Almacenamiento subterráneo:** Además de los embalses y represas, el almacenamiento subterráneo es otra forma de infraestructura que puede contribuir a la gestión de los recursos hídricos. Los acuíferos subterráneos actúan como reservorios naturales de agua y pueden ser recargados durante períodos de alta disponibilidad. Estos acuíferos pueden luego ser utilizados como fuentes de agua durante las épocas de escasez. La gestión sostenible de los acuíferos es esencial para evitar la sobreexplotación y garantizar su disponibilidad a largo plazo.

La implementación de infraestructura de almacenamiento y distribución de agua permite gestionar de manera más eficiente los recursos hídricos, asegurando un suministro constante y reduciendo los impactos negativos de la escasez. Sin embargo, es fundamental realizar estudios de factibilidad, evaluar los impactos ambientales y sociales, y considerar las necesidades y prioridades de las comunidades locales para asegurar que estas soluciones sean sostenibles y equitativas.

6.3 Monitoreo y alerta temprana

La implementación de sistemas de monitoreo y alerta temprana es esencial para anticipar y responder a los eventos climáticos extremos, como sequías o inundaciones. Mediante la recopilación y análisis de datos climáticos e hidrológicos en tiempo real, se pueden tomar decisiones informadas y activar medidas de gestión y respuesta adecuadas. Esto incluye la implementación de sistemas de pronóstico climático y la creación de mecanismos de comunicación efectivos para informar a la población y a los responsables de la toma de decisiones.

La medida de monitoreo y alerta temprana desempeña un papel crucial en la gestión de los recursos hídricos y en la reducción de los impactos de los eventos climáticos extremos. A continuación, se desarrolla de manera detallada:

- **Recopilación de datos climáticos e hidrológicos:** Para implementar un sistema efectivo de monitoreo y alerta temprana, es necesario contar con una red de estaciones meteorológicas y de monitoreo hidrológico distribuidas estratégicamente. Estas estaciones recopilan datos en tiempo real sobre variables climáticas, como precipitación, temperatura, humedad y viento, así como sobre el nivel y caudal de los cuerpos de agua. El análisis de estos datos permite

comprender los patrones climáticos y el comportamiento de los recursos hídricos, lo que facilita la toma de decisiones informadas.

- **Sistemas de pronóstico climático:** El desarrollo de sistemas de pronóstico climático confiables y precisos es fundamental para anticipar y prevenir eventos climáticos extremos, como sequías prolongadas o lluvias intensas. Estos sistemas utilizan modelos matemáticos y algoritmos avanzados para analizar los datos climáticos históricos y actuales, y generar pronósticos a corto y mediano plazo. Estos pronósticos proporcionan información valiosa sobre la evolución del clima y permiten tomar medidas preventivas para mitigar los impactos negativos.
- **Análisis de riesgos y alertas tempranas:** El monitoreo constante de los datos climáticos e hidrológicos permite identificar patrones y tendencias que indican la aparición de eventos climáticos extremos. Mediante el análisis de riesgos, se pueden evaluar las amenazas potenciales y determinar el nivel de vulnerabilidad de las comunidades y los ecosistemas. Con esta información, se pueden generar alertas tempranas que adviertan sobre la inminencia de eventos extremos, permitiendo la activación de medidas de respuesta y la movilización de recursos para proteger la vida y los medios de vida.
- **Comunicación efectiva:** Una parte integral de los sistemas de monitoreo y alerta temprana es la comunicación efectiva de la información a la población y a los responsables de la toma de decisiones. Es fundamental establecer mecanismos de comunicación claros y accesibles, utilizando diferentes canales de comunicación, como medios de comunicación, sistemas de mensajes de texto o aplicaciones móviles. Esto garantiza que la información llegue de manera oportuna a las personas afectadas y a los encargados de coordinar las respuestas.

La implementación de sistemas de monitoreo y alerta temprana permite anticiparse a los eventos climáticos extremos y tomar medidas preventivas, lo que contribuye a reducir los impactos negativos en el suministro de agua y los ecosistemas. Además, fortalece la capacidad de respuesta y resiliencia de las comunidades frente a situaciones de emergencia. Sin embargo, es necesario contar con la cooperación y participación de los actores relevantes, incluyendo a los gobiernos, las organizaciones comunitarias y la sociedad civil, para garantizar una implementación efectiva y una respuesta adecuada en caso de eventos extremos.

6.4 Conservación y restauración de ecosistemas acuáticos

Los ecosistemas acuáticos desempeñan un papel fundamental en la regulación de los recursos hídricos y la protección de la biodiversidad. Es importante implementar acciones de conservación y restauración de estos ecosistemas, como la reforestación de cuencas, la protección de humedales y la gestión sostenible de las áreas costeras. Estas medidas contribuyen a mantener la calidad y disponibilidad del agua, así como a preservar la funcionalidad de los ecosistemas.

La conservación y restauración de los ecosistemas acuáticos es una medida clave para fortalecer la resiliencia de la región frente al cambio climático y garantizar la disponibilidad de agua de calidad. A continuación, se desarrolla de manera detallada:

- **Reforestación de cuencas:** La reforestación de las cuencas hidrográficas desempeña un papel crucial en la conservación del agua. Los árboles actúan como reguladores naturales del ciclo hidrológico, capturando la lluvia, reduciendo la erosión del suelo y recargando los acuíferos. Además, los bosques funcionan como filtros naturales, mejorando la calidad del agua al retener sedimentos y nutrientes. La implementación de programas de reforestación en áreas estratégicas de las cuencas contribuye a mantener un suministro sostenible de agua y a prevenir la degradación de los ecosistemas.
- **Protección de humedales:** Los humedales desempeñan un papel crucial en la regulación y filtración del agua, así como en la conservación de la biodiversidad. Estos ecosistemas actúan como esponjas naturales, absorbiendo y almacenando agua durante períodos de lluvias intensas y liberándola gradualmente durante las sequías. La protección y conservación de los humedales contribuye a mantener el equilibrio hídrico de las regiones, así como a preservar hábitats clave para numerosas especies de flora y fauna. Además, los humedales proporcionan servicios ecosistémicos esenciales, como la purificación del agua y la mitigación de inundaciones.
- **Gestión sostenible de áreas costeras:** Las áreas costeras son altamente sensibles a los impactos del cambio climático, como el aumento del nivel del mar y las tormentas intensas. La gestión sostenible de estas áreas implica la protección y restauración de los ecosistemas costeros, como los manglares y los sistemas de dunas. Estos ecosistemas actúan como barreras naturales contra la erosión costera y las inundaciones, así como proveedores de hábitats para una gran diversidad de especies. Además, la conservación de las áreas costeras contribuye a la protección de los recursos pesqueros y al turismo sostenible.
- **Medidas de gestión integrada de recursos hídricos:** La conservación y restauración de los ecosistemas acuáticos deben ser parte integral de los planes de gestión integrada de recursos hídricos. Esto implica considerar los aspectos ambientales y ecológicos al tomar decisiones sobre la asignación y uso del agua, así como establecer regulaciones y políticas que promuevan la protección de los ecosistemas acuáticos. La participación de diferentes actores, incluyendo gobiernos, comunidades locales y organizaciones ambientales, es fundamental para asegurar la implementación efectiva de estas medidas.

La conservación y restauración de los ecosistemas acuáticos no solo contribuye a garantizar un suministro sostenible de agua, sino que también proporciona beneficios adicionales, como la conservación de la biodiversidad, la protección de los servicios ecosistémicos y la mejora de la calidad de vida de las comunidades.

7. Condiciones Habilitantes

En este capítulo haremos una revisión de las condiciones habilitantes para la infraestructura hídrica compartida en Chile considerando aspectos económicos, financieros, normativos e institucionales.

Cada aspecto es esencial para garantizar que los proyectos no solo sean viables y sostenibles, sino también beneficiosos para las comunidades locales y el medio ambiente.

Tabla 6 Aspectos económicos, financieros, normativos e institucionales para la evaluación de los proyectos de infraestructura hídrica compartida

CATEGORÍA	ASPECTO	DESCRIPCIÓN
ASPECTOS ECONÓMICOS	Disponibilidad de recursos financieros	Evaluar si existen fuentes de financiamiento adecuadas y suficientes para la implementación de proyectos de infraestructura hídrica compartida.
	Rentabilidad económica	Analizar la viabilidad económica de los proyectos y su capacidad para generar beneficios económicos a largo plazo.
	Impacto en la economía local	Evaluar cómo la infraestructura hídrica compartida puede impulsar el desarrollo económico local, generar empleo y mejorar la productividad de los sectores relacionados.
ASPECTOS FINANCIEROS	Marco regulatorio y políticas de inversión	Analizar si existe un marco regulatorio claro y estable que promueva la inversión en infraestructura hídrica compartida y establezca incentivos financieros adecuados.
	Mecanismos de financiamiento	Evaluar la disponibilidad de instrumentos financieros, como préstamos, subvenciones y esquemas de asociación público-privada, que puedan facilitar la implementación de proyectos de infraestructura hídrica.
ASPECTOS NORMATIVOS	Marco legal y regulatorio	Evaluar si existe un marco legal sólido que promueva la implementación de proyectos de infraestructura hídrica compartida, incluyendo regulaciones claras sobre el uso y la gestión del agua.
	Normas ambientales	Evaluar si se cuenta con regulaciones ambientales robustas que aseguren la protección de los recursos naturales y minimicen los impactos negativos de los proyectos de infraestructura hídrica en el medio ambiente.
ASPECTOS INSTITUCIONALES	Coordinación interinstitucional	Evaluar la existencia de mecanismos efectivos de coordinación entre diferentes instituciones y actores involucrados en la planificación, implementación y gestión de la infraestructura hídrica compartida.
	Participación ciudadana	Evaluar si se promueve la participación activa de la sociedad civil y las comunidades locales en la toma de decisiones relacionadas con la infraestructura hídrica, asegurando la transparencia y la rendición de cuentas.

Fuente: Elaboración propia

7.1 Revisión del marco normativo vigente

A continuación se analiza brevemente el marco normativo e institucional vigente en la región y su impacto en la planificación, ejecución y gestión de la infraestructura hídrica compartida.

La implementación de infraestructura hídrica compartida en el país requiere considerar diversos aspectos legales y normativos.

- **Marco Legal del Agua y Derechos de Agua:** El Código de Aguas de Chile constituye la piedra angular en la regulación de los recursos hídricos, estableciendo los principios, derechos y obligaciones para su uso y gestión. La Dirección General de Aguas (DGA) desempeña un rol crucial en la asignación y regulación de los derechos de agua. Asegurar el cumplimiento de estas normativas es esencial en cada etapa del proyecto hídrico para prevenir conflictos y garantizar la sostenibilidad.
- **Evaluación de Impacto Ambiental:** Todo proyecto hídrico debe someterse a una rigurosa evaluación de impacto ambiental, conforme a la Ley N° 19.300. Este procedimiento evalúa y busca mitigar impactos negativos, protegiendo así la biodiversidad y la calidad del agua. La implicación del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) en este proceso es fundamental para la obtención de las autorizaciones requeridas.
- **Aspectos Regulatorios y Permisos Sectoriales:** Además de las regulaciones específicas del agua, se deben considerar otros permisos y aspectos regulatorios, que incluyen autorizaciones de construcción y permisos sanitarios. La observancia de estos requisitos es indispensable para la viabilidad legal y operativa del proyecto.
- **Ley General de Servicios Sanitarios y Ley de Riego y Drenaje:** Estas normativas marcan la pauta para la planificación y regulación de la infraestructura hídrica, definiendo criterios para la identificación de cuencas prioritarias y la elaboración de estrategias de gestión del agua.
- **Instituciones y Autoridades:** La DGA y la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) son las autoridades responsables de la gestión, fiscalización y otorgamiento de derechos y concesiones hídricas. Su rol es esencial para la supervisión y el cumplimiento normativo.
- **Concesión marítima:** La concesión marítima otorgada por la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR) en Chile es un permiso administrativo que permite a individuos o entidades el uso de bienes nacionales de uso público en el territorio marítimo para diversos propósitos.

- **Zonificación costera:** Revisión de la zonificación costera y marina, que puede imponer restricciones sobre la ubicación de la planta y sus estructuras asociadas.
- **Servidumbres de paso:** Corresponden a los permisos o autorizaciones cuando las tuberías atraviesa terrenos que no son de uso público, como terrenos privados o fiscales. Éstas se deben negociar con los propietarios de los terrenos o con la entidad gubernamental correspondiente si se trata de terrenos fiscales.

A fines de 2023 se aprobó la Modificación del DFL 850 del MOP para ampliar facultades del Ministerio. Permite usar infraestructura hídrica no solo para riego sino también para consumo humano y otros fines, con esto se abren la posibilidad de construir desalinizadoras con prioridad para subsistencia y riego, y de forma residual para fines multipropósito.

Es fundamental cumplir con estas normativas y contar con una gestión eficiente y responsable para garantizar el uso sostenible de los recursos hídricos y el beneficio de todas las partes interesadas involucradas, pero aun así se observan algunas carencias en la normativa respecto a la desalinización en Chile.

7.2 Participación comunitaria y creación de valor

Conocida es la importancia del involucramiento de las comunidades locales en la planificación, diseño, implementación y gestión de la infraestructura hídrica compartida, considerando sus necesidades, preocupaciones y conocimientos tradicionales.

La participación activa de las comunidades locales en la planificación, diseño, implementación y gestión de la infraestructura hídrica compartida es un elemento fundamental para lograr proyectos exitosos y sostenibles en el largo plazo. Al involucrar a las comunidades desde las etapas iniciales, se pueden aprovechar sus conocimientos y perspectivas únicas, asegurando que se aborden de manera adecuada sus necesidades, preocupaciones y conocimientos tradicionales.

La participación comunitaria y la creación de valor son esenciales para lograr una infraestructura hídrica compartida que sea socialmente justa, ambientalmente sostenible y económicamente viable. Al involucrar a las comunidades locales, se garantiza que los proyectos se adapten a las necesidades y realidades locales, promoviendo un mayor sentido de pertenencia y apropiación de la infraestructura. Además, la participación comunitaria fomenta el desarrollo de capacidades locales, fortalece la gobernanza del agua y contribuye a la construcción de sociedades más justas y resilientes.

A continuación la tabla describe los aspectos clave de la participación de las comunidades locales en el desarrollo de infraestructura hídrica.

Tabla 7 Aspectos de la participación ciudadana

FASE	DESCRIPCIÓN
IDENTIFICACIÓN NECESIDADES PREOCUPACIONES	DE Y Escuchar y comprender las necesidades y preocupaciones de las comunidades relacionadas con el agua. Realizar análisis detallados de las demandas, usos tradicionales y problemáticas específicas del recurso hídrico.
CO-DISEÑO Y IMPLEMENTACIÓN	CO- Involucrar a las comunidades en la toma de decisiones y definición de los aspectos clave del proyecto a través del diálogo y la participación activa. Integrar conocimiento científico y tradicional para soluciones contextualmente relevantes.
GESTIÓN PARTICIPATIVA	Mantener una gestión participativa en la operación del sistema involucrando a las comunidades en la toma de decisiones. Crear comités de gestión del agua y espacios de consulta para fomentar transparencia y adaptabilidad.
VALORACIÓN CONOCIMIENTOS TRADICIONALES	DE Respetar y valorar el conocimiento tradicional de las comunidades en la gestión del agua. Combinar este conocimiento con el científico para soluciones integradas y promover la preservación de prácticas culturales y empoderamiento comunitario.

Fuente: Elaboración propia

8. Conclusiones:

Los principales hallazgos de este estudio de infraestructura hídrica compartida en Chile reflejan la complejidad y el alcance de los desafíos que enfrenta el país en este ámbito.

El análisis del marco normativo e institucional revela que la Ley General de Servicios Sanitarios y la Ley de Riego y Drenaje son fundamentales en la definición de los criterios y procedimientos para la planificación y regulación de la infraestructura hídrica. Estas leyes establecen un marco legal robusto que guía la implementación de proyectos hídricos, enfatizando la importancia de una gestión eficiente y sostenible del recurso agua. Dentro de este marco, instituciones como la Dirección General de Aguas (DGA) y la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) juegan un papel crucial. La DGA se encarga de la gestión y regulación de los recursos hídricos, mientras que la SISS supervisa los servicios de agua potable y saneamiento. Ambas entidades son clave para garantizar que la infraestructura hídrica opere dentro del cumplimiento de las normativas vigentes y responda eficazmente a las necesidades de la población. Además, el marco normativo establece criterios claros para el financiamiento y la contratación de proyectos hídricos, garantizando así la transparencia y la eficiencia en su ejecución. Esto es crucial para asegurar que los proyectos no solo sean viables desde el punto de vista técnico y ambiental, sino también desde una perspectiva económica.

Otro aspecto significativo es el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, llevado a cabo por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA). Este proceso es crucial para identificar y mitigar los posibles impactos ambientales de los proyectos hídricos, asegurando así la protección del medio ambiente y la sustentabilidad de las intervenciones. La evaluación ambiental es un requisito indispensable para obtener los permisos y autorizaciones necesarios y es un reflejo de la creciente conciencia sobre la importancia de preservar los ecosistemas naturales y de operar de manera responsable en el contexto ambiental.

En Chile, se promueve la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre infraestructura hídrica, a través de consultas y audiencias públicas. Esta práctica no solo fomenta una gestión más transparente y democrática, sino que también asegura que las voces de las comunidades afectadas sean escuchadas y consideradas. La participación ciudadana es un componente esencial para el desarrollo de proyectos que sean socialmente justos y aceptados por la comunidad.

Los hallazgos del estudio también subrayan la importancia de la participación comunitaria en la creación de valor en la infraestructura hídrica compartida. La participación activa de las comunidades locales en todas las etapas de un proyecto hídrico - desde la planificación y el diseño hasta la implementación y gestión - es fundamental para asegurar su éxito y sostenibilidad a largo plazo. La inclusión de las comunidades permite aprovechar sus conocimientos únicos y asegura que sus necesidades y preocupaciones sean abordadas de manera efectiva.

La participación comunitaria no solo fortalece la gobernanza del agua, sino que también promueve un mayor sentido de pertenencia y apropiación de la infraestructura. Esto es crucial para la construcción de sociedades más justas y resilientes. Además, la valoración de los conocimientos tradicionales de las comunidades locales en el diseño y gestión de la infraestructura hídrica compartida puede conducir a soluciones más integradas y eficientes. Estas prácticas respetan las tradiciones y el legado cultural de las comunidades y promueven la inclusión y el empoderamiento.

En base a estos hallazgos, se pueden plantear una serie de recomendaciones y acciones para fortalecer la gestión de la infraestructura hídrica en Chile. En primer lugar, es necesario revisar y actualizar la legislación existente para garantizar que esté alineada con los desafíos actuales y futuros relacionados con la gestión del agua. Esto incluye mejorar la coordinación entre las diferentes instituciones y autoridades responsables de la gestión del agua, fomentando la colaboración y el intercambio de información. Asimismo, es crucial proporcionar recursos adecuados y capacitar al personal encargado de implementar y hacer cumplir las regulaciones, asegurando una supervisión eficaz y un cumplimiento riguroso de las normas.

Para fomentar una gestión integral y sostenible de la infraestructura hídrica, es esencial promover la participación comunitaria. Se deben establecer mecanismos formales de participación ciudadana en la toma de decisiones relacionadas con la infraestructura hídrica, como consultas públicas, mesas de diálogo y comités de gestión del agua. Es importante fomentar la educación y concienciación de las comunidades locales sobre la importancia de su participación en la gestión del agua, destacando los beneficios de una colaboración activa. Además, es fundamental incentivar la integración de los conocimientos tradicionales y locales en la planificación y gestión de la infraestructura hídrica, reconociendo y valorando la sabiduría ancestral de las comunidades.

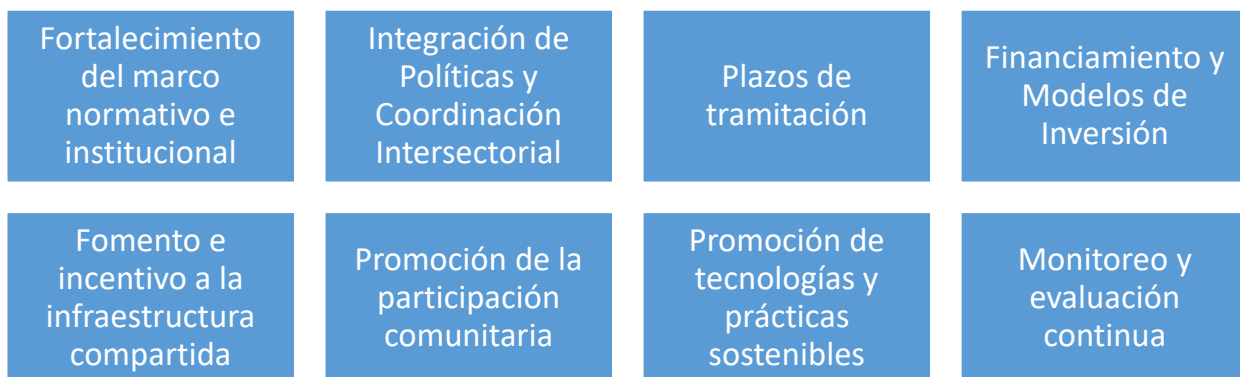
La implementación de enfoques de planificación integrada también es clave. Esto implica realizar estudios de cuenca que aborden la gestión integral de los recursos hídricos, considerando la interconexión entre los diferentes usos del agua y promoviendo la coordinación entre los actores involucrados. Es necesario aplicar enfoques de planificación a largo plazo que tengan en cuenta los posibles efectos del cambio climático y promuevan la adaptación y la resiliencia de la infraestructura hídrica. Además, se deben incorporar criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica en la evaluación y selección de proyectos de infraestructura hídrica, priorizando soluciones que maximicen los beneficios y minimicen los impactos negativos.

La promoción de tecnologías y prácticas sostenibles es otro aspecto crucial. Es importante fomentar la adopción de tecnologías y prácticas innovadoras que permitan la optimización del uso del agua, como sistemas de riego eficiente, captación y reutilización de aguas pluviales, y tratamientos avanzados de aguas residuales. Se debe promover la conservación y restauración de ecosistemas acuáticos y áreas de recarga de agua, reconociendo su papel fundamental en la provisión de servicios hídricos y la protección de la biodiversidad. Establecer incentivos y

programas de financiamiento que fomenten la implementación de soluciones sostenibles es vital para facilitar el acceso a recursos para proyectos de infraestructura hídrica que cumplan con altos estándares ambientales y sociales.

Finalmente, es esencial establecer sistemas de monitoreo y evaluación robustos para supervisar el desempeño de la infraestructura hídrica. Incluir indicadores de calidad del agua, eficiencia del uso del agua y satisfacción de las comunidades es fundamental. Utilizar los resultados del monitoreo y evaluación para realizar ajustes y mejoras en la gestión de la infraestructura hídrica es clave para promover un enfoque adaptativo y basado en el aprendizaje continuo.

Principales hallazgos de estudio:



9. Referencias

1. Cámara Chilena de la Construcción. *Infraestructura Crítica para el Desarrollo. Bases para un Chile Sostenible 2016-2025*. Gerencia de Estudios CCHC.
2. Centro de Estudios del Cobre y la Minería (CESCO) y Cooperación Regional para la Gestión Sustentable de los Recursos Mineros en los Países Andinos (MinSus). *"Cinco Nichos Socio-Tecnológicos Críticos para una Minería Sostenible en la Región Andina"- Infraestructura Hídrica Compartida En Chile Y Perú*.
3. Consejo Nacional para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS). Gobierno de Chile, Santiago 2023. Informe Nacional Voluntario sobre los Objetivos De Desarrollo Sostenible en Chile 2023.
4. F.G. Mukhtar. *Intellectual history and current status of integrated water resources management: a global perspective*. Central European University, Department of Environmental Sciences and Policy.
5. Fundación Futuro Latinoamericano, Fundación Avina Y Fundación Chile, Escenarios Hídricos 2030. *Transición Hídrica El Futuro Del Agua En Chile*. Chile, junio 2019.
6. Fuster Rodrigo, Jefe de proyecto. *"Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Chile"*. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables.
7. "Kuzma, S., M.F.P. Bierkens, S. Lakshman, T. Luo, L. Saccoccia, E. H. Sutanudjaja, and R. Van Beek. 2023. "Aqueduct 4.0: Updated decision-relevant global water risk indicators." Technical Note. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at: doi.org/10.46830/writn.23.00061."
8. Leiva González J, Onederra I. *Environmental Management Strategies in the Copper Mining Industry in Chile to Address Water and Energy Challenges—Review*. Mining. 2022; 2(2):197-232. <https://doi.org/10.3390/mining2020012>
9. Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación. Gobierno de Chile 2022. Comité Científico de Cambio Climático. *Desalinización: Oportunidades Y Desafíos Para Abordar La Inseguridad Hídrica En Chile*.
10. Ministerio de Obras Públicas Chile, Dirección General de Aguas (2013). *Estrategia Nacional de Recursos Hídricos 2012-2025*.
11. Moench, M., A. Dixit, S. Janakarajan, M.S. Rathore and S. Mudrakartha, 2003: The Fluid Mosaic: Water Governance in the Context of Variability, Uncertainty and Change - A Synthesis Paper. Nepal Water Conservation Foundation, Kathmandu, 71 pp.
12. DGA, 2017. Estimación de la demanda actual, proyecciones futuras y caracterización de la calidad de los recursos hídricos en Chile, volumen II.
13. Perrine Toledano, Sophie Thomashausen, Nicolas Maennling, Alpa Shah, 2014. A Framework to Approach Shared Use of Mining-Related Infrastructure, Columbia Center on sustainable investment.
14. Sadoff, C.W., Hall, J.W., Grey, D., Aerts, J.C.J.H., Ait-Kadi, M., Brown, C., Cox, A., Dadson, S., Garrick, D., Kelman, J., McCornick, P., Ringler, C., Rosegrant, M., Whittington, D. and Wiberg, D. (2015) Securing Water, Sustaining Growth: Report of the GWP/OECD Task Force on Water Security and Sustainable Growth, University of Oxford, UK, 180pp.

Este estudio fue realizado por:

Paulina Ávila Cortés

Sergio Verdugo Montenegro

Camila Montes Prunés

Patricia Gamboa Lagos

Directora de estudios