



CRHIAM

CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA LA AGRICULTURA Y LA MINERÍA

ANID/FONDAP/1523A0001

OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE A PARTIR DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES PARA ENFRENTAR LA CRISIS HÍDRICA EN CHILE



José Luis Campos, Zeinab Ameneh Morhell, Dafne Crutchik, Jacques Dumais,
Javiera Toledo, Ricardo Oyarzún y David Jeison

OBTENCIÓN DE AGUA POTABLE A PARTIR DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES PARA ENFRENTAR LA CRISIS HÍDRICA EN CHILE

Por José Luis Campos, investigador asociado CRHIAM; Zeinab Ameneh Morhell, Dafne Crutchik, Jacques Dumais, Javiera Toledo, Ricardo Oyarzún, investigador adjunto CRHIAM, y David Jeison, investigador asociado CRHIAM.

Este documento se basa en las Series Comunicacionales CRHIAM "Obtención de agua potable a partir de recursos hídricos no convencionales: agua de mar, aguas servidas tratadas, humedad del aire y niebla". Autores: José Luis Campos, Zeinab Ameneh Morhell, Dafne Crutchik, Jacques Dumais, Javiera Toledo, Ricardo Oyarzún y David Jeison.

Versión impresa ISSN 2735-7929

Versión en línea ISSN 2735-7910

Este documento debe citarse como:

Campos, J., Morhell, Z., Crutchik, D., Dumais, J., Toledo, J., Oyarzún, R., Jeison, D. 2025. Obtención de agua potable a partir de recursos hídricos no convencionales para enfrentar la crisis hídrica en Chile. Policy Brief CRHIAM, Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y la Minería (ANID/FONDAP/1523A0001). ISSN 2735-7929 (versión impresa), ISSN 2735-7910 (versión online), No. 32, 6 pp. Disponible en: <https://www.crhiam.cl/publicaciones/policy-briefs/>

- El agua en la Tierra es abundante, pero sólo el 2,5% es agua dulce. De este porcentaje, la mayor parte se encuentra en aguas subterráneas (30%), y sólo un pequeño porcentaje se encuentra en ríos y lagos (0,7%). La disponibilidad de agua dulce, sin embargo, está disminuyendo debido al cambio climático, la sobreexplotación y la contaminación, lo que ha generado un déficit hídrico en muchas regiones.
- La escasez de agua no sólo se relaciona con la cantidad, sino también con su calidad y accesibilidad. Aunque el agua es un recurso renovable, su uso por parte del ser humano ha superado la capacidad de la naturaleza para renovarla, llevando a una situación en la que el agua disponible no siempre es apta para el consumo o no es suficiente para satisfacer las necesidades humanas.
- En Chile, la agricultura es el principal usuario de derechos consuntivos de agua, con un 72% del total utilizado, mientras que otros sectores como la minería, la industria y el sector sanitario también contribuyen al consumo en menores porcentajes. A pesar de los esfuerzos por mejorar la eficiencia en el uso del agua, como el riego tecnificado en la agricultura, los problemas de distribución, el alto nivel de pérdidas en el sistema sanitario y su falta de inversión siguen siendo desafíos importantes.
- Para hacer frente a estos problemas, la tecnología juega un papel clave. El uso de infraestructuras como plantas desaladoras, sistemas de reciclaje de agua y el tratamiento de aguas residuales son fundamentales para mejorar la disponibilidad y calidad del agua.

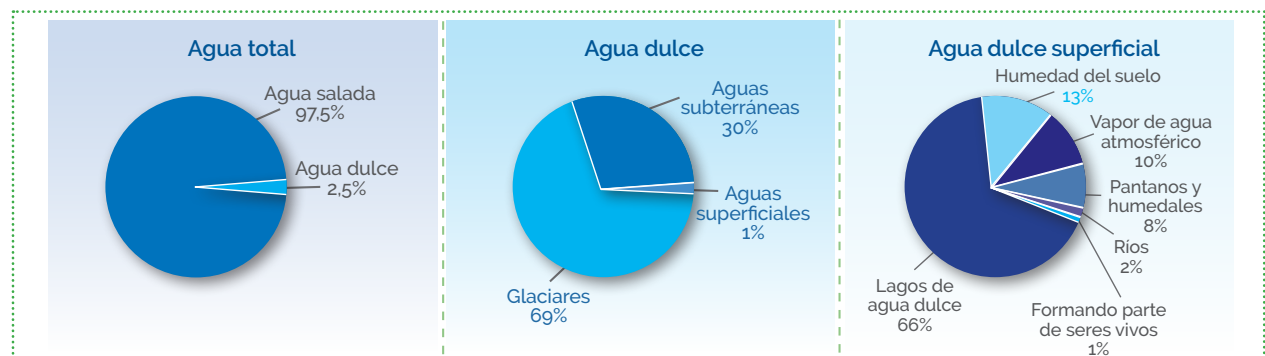


Figura. 1. Distribución del agua en el planeta. Fuente: Elaboración propia.

FUENTES DE RECURSOS HÍDRICOS NO CONVENCIONALES

Las fuentes no convencionales de agua, como el agua de mar y las aguas residuales tratadas, representan alternativas sostenibles para enfrentar la escasez hídrica. El agua de mar es una fuente clave para la obtención de agua dulce, pero requiere desalación para eliminar su alta concentración de sales. El método más utilizado actualmente es la ósmosis inversa, que filtra el agua a través de membranas semipermeables a alta presión, separando las sales y produciendo agua apta para el consumo.

El proceso incluye un pretratamiento para eliminar impurezas y un post-tratamiento para remineralizar el agua desalada. Sin embargo, genera un subproducto: una corriente de rechazo con alta salinidad que se devuelve al mar mediante sistemas de difusión.

Por otro lado, el tratamiento de aguas servidas ha evolucionado de un enfoque centrado en el saneamiento a uno que busca recuperar recursos valiosos. Además de generar biogás, fertilizantes y biosólidos, hoy en día el agua tratada se considera un recurso clave para el abastecimiento hídrico.

Las plantas de tratamiento eliminan contaminantes para cumplir con normativas ambientales y de salud. Posteriormente, el agua tratada puede ser reutilizada mediante un proceso de regeneración, que ajusta su calidad según su destino. Los usos del agua regenerada incluyen riego, limpieza urbana, procesos industriales y, en menor medida, consumo humano. Para este último, se aplican tecnologías avanzadas, como la ósmosis inversa, que garantizan su seguridad mediante un enfoque de múltiples barreras. La ósmosis inversa es la tecnología más utilizada en estos procesos, con un menor consumo energético que en la desalinización de agua de mar.

El agua también puede extraerse de la humedad atmosférica mediante un proceso de condensación. En este proceso, el aire se enfría para reducir su capacidad de retener vapor de agua, lo que provoca que el vapor se condense en forma líquida. Su extracción no tiene un impacto ambiental negativo ya que la humedad eliminada se repondrá naturalmente por el ciclo hidrológico.

La captura de agua de niebla se realiza mediante un dispositivo relativamente simple llamado atrapanieblas. Este consiste en una malla, usualmente tipo Raschel, que se coloca en áreas donde la niebla es frecuente, como en zonas costeras o montañosas, en forma perpendicular a la dirección del viento. Cuando la niebla, formada por gotas de agua en suspensión, pasa a través de la malla, parte de las gotas se acumulan sobre ella y, al formar gotas de mayor tamaño, se deslizan hacia una canaleta de recolección. Este proceso es pasivo, es decir, no requiere energía externa. El agua recolectada se canaliza hacia un tanque de almacenamiento. Este sistema es eficiente y de bajo costo operativo, pero su capacidad de producir agua depende de las condiciones meteorológicas y de la presencia de niebla en la región.

DESAFÍOS Y OBSTÁCULOS

La desalación por ósmosis inversa enfrenta desafíos como su alto consumo energético, que eleva los costos de producción de agua. El precio del agua que el usuario debe pagar depende tanto de los costos de producción, que vienen dados por la tecnología empleada, como de los costos de distribución, que dependerán de factores geográficos. El costo de producción de agua potable mediante la desalación de agua de mar es de 0,8-1,2 US\$/m³. Dicho costo disminuye a 0,75-0,93 US\$/m³ si se produce a partir de aguas residuales tratadas.

En caso del agua producida mediante deshumidificación del aire, su costo es 17-23 US\$/m³ si se usan paneles fotovoltaicos para suministrar la energía mientras que si se obtiene por captura de niebla su costo es 1,4-5,7 US\$/m³. Además, el transporte del agua desalada a zonas alejadas o en altura puede duplicar o triplicar los costos, haciéndola menos viable económicamente.

También es relevante, la gestión de los residuos salinos, ya que supone un reto ambiental, y su dependencia de fuentes energéticas convencionales aumenta su huella de carbono, lo que resalta la necesidad de avances en energías renovables y eficiencia.

Por otra parte, a pesar de sus beneficios, el reúso de aguas servidas enfrenta desafíos como la desconfianza pública hacia su consumo, los altos costos y requerimientos tecnológicos de su tratamiento, la generación de una corriente de rechazo que necesita un procesamiento adicional, las estrictas normativas que regulan su implementación y la necesidad de invertir en infraestructura para garantizar un suministro seguro. Sin embargo, estudios sugieren que en Chile podría ser una alternativa más eficiente y sostenible que la desalinización en ciertas regiones.

Respecto de la obtención de agua de la humedad del aire, el principal obstáculo es el alto consumo energético del proceso de condensación, lo que eleva considerablemente el costo del agua producida. Además, la cantidad de agua obtenida depende de la humedad y temperatura del aire, lo que limita su eficacia en zonas con baja humedad. Por otro lado, aunque la tecnología es sencilla y no genera residuos, el costo puede ser prohibitivo en lugares donde la energía eléctrica es costosa. Sin embargo, el uso de energías renovables, como paneles solares, puede hacer este proceso más viable en zonas rurales.

Por último, la captura de agua de niebla es simple y eficiente, pero tiene varias limitaciones. Primero, la producción de agua depende de las condiciones meteorológicas, ya que sólo se puede realizar en zonas con niebla frecuente. Además, la cantidad de agua recolectada es relativamente baja, con un promedio de entre 96 y 800 litros diarios por cada atrapanieblas de 40 m², por lo que no sería una opción factible en áreas con alta demanda.

DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR EN CHILE

En Chile, actualmente se encuentran en operación 22 plantas desaladoras de las cuales 9 son para proveer de agua al sector minero (capacidad total: 5,8 m³/s), 10 a industrias (capacidad total: 0,5 m³/s) y 3 se ubican en Antofagasta, Tocopilla y Atacama, para producir agua potable (capacidad total: 2,2 m³/s). Además, hay 6 plantas más en construcción: 4 de ellas tienen fines mineros, 1 es multipropósito y 1 para agua de consumo humano (Desaladora Antofagasta). A estas se le suman, al 2024, 15 desaladoras más en fase de proyecto: 5 para operaciones mineras, 5 multipropósito, 3 para la industria y 2 para agua potable (País Circular, 2024).

Estas proyecciones indican que Chile está apostando fuertemente por el agua de mar como recurso hídrico no convencional dado su extenso borde costero.

RECOMENDACIONES

1. Impulso a la desalación con energías renovables:

Dado el alto consumo energético de las plantas desaladoras, se deben promover incentivos fiscales y subsidios para la instalación de plantas desaladoras que utilicen energía solar o eólica. Esto reduciría la huella de carbono y los costos operacionales, haciendo la desalación más viable para abastecer ciudades y zonas costeras.

2. Regulación y fomento del reúso de aguas servidas tratadas:

Se debe establecer un marco legal claro sobre la propiedad y comercialización de las aguas servidas tratadas, incentivando su reúso en la agricultura, la industria y, eventualmente, en el consumo humano. Esto disminuiría la presión sobre los recursos hídricos convencionales, especialmente en regiones con escasez.

3. Implementación de sistemas de recolección de niebla en zonas costeras:

Dado el potencial de los atrapanieblas en el norte y centro de Chile, el Estado debería financiar proyectos piloto para mejorar su eficiencia y reducir costos de instalación. Además, se pueden integrar con iniciativas comunitarias para garantizar el acceso al agua potable en localidades rurales y costeras.

➔ 4. Fomento del uso de la humedad del aire en zonas rurales:

Para reducir la dependencia de camiones aljibe en comunidades aisladas, se deben ofrecer subsidios para la implementación de sistemas de condensación de humedad del aire, especialmente aquellos que funcionan con energía solar. Además, se puede promover la investigación en tecnologías más eficientes y escalables.

Estas políticas contribuirían a diversificar las fuentes de agua en Chile y mejorar la seguridad hídrica del país.

REFERENCIAS

CRHIAM. 2024. Obtención de agua potable a partir de recursos hídricos no convencionales: agua de mar, aguas servidas tratadas, humedad del aire y niebla. Disponible en: https://www.crhiam.cl/wp-content/uploads/2025/01/No82_Serie-Comunicacional-CRHIAM-Obtencion-de-agua-potable-a-partir-de-recursos-hidricos-no-convencionales.pdf



CRHIAM

CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA LA AGRICULTURA Y LA MINERÍA

ANID/FONDAP/1523A0001



Universidad de Concepción



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA



Universidad del Desarrollo
Universidad de Excelencia



Agencia
Nacional de
Investigación
y Desarrollo

Ministerio de Ciencia,
Tecnología, Conocimiento
e Innovación

Gobierno de Chile



📍 Victoria 1295, Concepción – Chile

📞 41-2661570

✉️ crhiam@udec.cl

@crhiam



crhiam.cl