



Aspectos regulatorios, de propiedad, ambientales, tarifarios, entre otros, de la desalinización en países extranjeros

Casos de España, Australia, Estados Unidos de Norteamérica y otros

Autores

Eduardo Baeza G.
Email: ebaeza@bcn.cl
Tel.: (56) 32 226 3902

Enrique Vivanco
Email: evivanco@bcn.cl

Pedro Harris
Email: pharris@bcn.cl

Nº SUP: 134.497

Resumen

En relación a las regulaciones para el aprovechamiento del agua salada, en la generalidad de los países analizados en este trabajo se requiere de títulos administrativos que les permitan a los particulares aprovechar el elemento, sujetándose en general al otorgamiento de concesiones y autorizaciones, o excepcionalmente uno de estos. Además, la evaluación ambiental positiva de estos proyectos de desalinización es requisito fundamental para su ejecución.

Uno de los aspectos regulatorios relevante es la propiedad del agua una vez desalada. Las reglas civiles aplicables a la especificación permiten establecer que ésta seguirá en general el régimen de un bien privado (régimen en vigor en nuestro país, conforme al artículo 662 del Código Civil). No obstante lo anterior, algunos Estados han alterado esta regla mediante disposiciones legales o soluciones jurisprudenciales. Por ejemplo, en España se mantiene la propiedad pública sobre el agua desalada por ley desde el año 2005; lo mismo en Argelia, pero sólo aquella sujeta a una finalidad pública; de similar forma en Australia e Israel, al considerar las instalaciones de desalinización como “infraestructura nacional” (declaradas de “importancia nacional”). Por su parte, en los Estados Unidos de Norteamérica una solución en este sentido ha sido considerada por la Corte Suprema, bajo el principio de inalienabilidad de los bienes públicos.

En cuanto a los principales impactos ambientales de las plantas de desalinización, estos se enfocan en la influencia de la salmuera sobre los atributos físico-químicos de los ecosistemas receptores, en particular el aumento de la salinidad y la temperatura. Además, la toma de agua de mar para desalación absorbe conjuntamente organismos planctónicos, huevos de peces, larvas, entre otros, que resultarán dañados o muertos al pasar por el sistema de succión. Adicionalmente, el cloro y otros químicos usados como anticorrosivos y anti-incrustantes terminarán con la fauna más resistente.

La reducción en el tiempo de los costos de inversión y operación para una planta desaladora han determinado una disminución de los precios de venta de agua desalada en contratos de gran volumen, los que se acercan cada vez más a niveles cercanos a USD 0,5 / m³.

En general, la distribución del agua desalada se realiza mediante la integración a los sistemas o acueductos existentes (nacionales o locales), el trasvase de estas aguas hacia cuencas receptoras deficitarias y almacenadas en embalses, y acueductos privados diseñados para estos fines.

1. Introducción

El presente informe se enfoca en aspectos regulatorios, de propiedad del agua desalada, ambientales, tarifarios, entre otros temas relativos a la desalinización, en diferentes países extranjeros. Se destacan los casos de España, Australia, Estados Unidos y otros.

Para la elaboración de este trabajo se recurrió a informes elaborados por la Biblioteca del Congreso Nacional, además de diversas publicaciones internacionales sobre la materia.

2. Regulaciones en materia de desalación de agua de mar

La desalación como gestión privada en Chile y otros países:

Si bien la incorporación de particulares no desnaturaliza *per se* el carácter público que posee un servicio en cuestión, ello sí influye en el modelo de gestión que es consagrado por él. En Chile, la gestión privada del servicio en materia de desalación ha sido establecida mediante el otorgamiento de títulos concesionales o autorizatorios a favor de particulares. El título concesional se aplica respecto de la instalación de la industria y el autorizatorio se relaciona con el aprovechamiento del agua salobre por el particular que desea desalarla (Harris, 2015)¹.

No obstante, existen sistemas alternativos como el de Argelia, que en principio establece un único título administrativo para estos efectos: la concesión, que contempla por lo demás de manera expresa un uso destinado para desalar el agua de mar, a diferencia de lo que ocurre en nuestro país y España, donde este empleo sólo se afirma de manera interpretativa, a partir de disposiciones generales. Finalmente, los regímenes de propiedad privada para la desalinización son también consagrados en los Estados Unidos de Norteamérica, ya sea bajo modalidades de permisos o contratos².

Sin embargo, la regulaciones no solo abordan temas administrativos, sino que también ambientales, las que se describen en la Tabla 1, donde se presentan los principales modelos regulatorios de Estados Unidos de Norteamérica, España, Australia e Israel.

Tabla 1. Regulaciones extranjeras en materia de desalinización

País	Materias Administrativas	Materias Ambientales
Estados Unidos de Norteamérica (California)	La <i>California Coastal Act</i> ³ es el cuerpo normativo que regula el desarrollo descontrolado del delicado ecosistema costero. Las instalaciones que se efectúen en zonas costeras deben contar con un permiso especial otorgado por la	Existe la necesidad de que este tipo de instalaciones sean sometidas a una evaluación de impacto ambiental de conformidad con la <i>California Environmental Quality Act</i> ⁷ . Lo mismo puede señalarse acerca de los impactos en el medio ambiente marino y su

¹ Biblioteca del Congreso Nacional BCN (2015). La desalación del agua: regímenes comparados (Informe BCN). Elaborado por Harris, P. (mayo de 2015).

² Pappas, M. (2011). *Unnatural Resource Law: Situating Desalination in Coastal Resource and Water Law Doctrines*, p. 93 y siguientes. Disponible en: <http://bcn.cl/2a35a> (mayo de 2022).

³ *California Coastal Act*. Disponible en <http://bcn.cl/30q0z> (mayo de 2022)

⁷ *Environmental Quality Act*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q1n> (mayo de 2022)

	<p><i>California Coastal Commission</i>⁴ o por el gobierno local, denominado <i>Coastal-Development Permit</i>⁵.</p> <p>Los principios de la California Coastal Act se enfocan en los impactos de las citadas instalaciones, la afectación a otros usos prioritarios y, el derecho de la población para el uso y recreación en el espacio costero.</p> <p>En cuanto a la extracción de agua de mar, los recursos costeros de California, incluyendo las aguas oceánicas, forman parte de los bienes comunes públicos de cada Estado y se encuentran protegidos bajo la doctrina del <i>Public Trust</i>⁶, lo que sugiere el otorgamiento de permisos especiales, que han sido materia de discusión hasta ahora. Por cuanto, en virtud de esta, cualesquiera sean los derechos que se otorguen para la toma de agua de mar, estos podían ser revocables.</p>	<p>biodiversidad generados principalmente por la extracción de agua de mar y por las descargas de salmuera al mar.</p>
<p>España (C.A Canarias)</p>	<p>El impulso de la desalinización se vio favorecido en el país principalmente a partir de la adopción del Plan Hidrológico Nacional⁸, que estableció un Plan de Inversiones en infraestructura de desalinización. De esta forma, la Dirección General de Obras Hidráulicas y los gobiernos de las Comunidades Autónomas promovieron la construcción de la mayoría de las grandes desaladoras del país.</p> <p>La actual Ley de Costas de 1988⁹ se encarga de establecer la solución técnica de ordenación del territorio para gobernar las actividades que se desarrollan sobre el espacio que bañan las aguas marinas. Se regula el espacio marítimo-terrestre (zona marítimo-terrestre y las playas) con la finalidad de establecer la determinación, protección, utilización y</p>	<p>Las autorizaciones de carácter ambiental a nivel Estatal están contenidas en la Ley 21/2013 de evaluación ambiental¹¹, la que dispone que las instalaciones de desalación o desalobración de agua con un volumen nuevo o adicional superior a 3.000 m³ / día deberán someterse a la evaluación ambiental simplificada; con plazos de evaluación menores a los de la evaluación ambiental ordinaria, que finaliza con un Informe de Impacto Ambiental (similar a nuestra Declaración de Impacto Ambiental, DIA). En caso de determinarse que el proyecto tendrá efectos significativos sobre el medio ambiente, este deberá someterse a una Evaluación de Impacto Ambiental.</p> <p>Adicionalmente, para efectuar vertidos de salmuera al mar se requiere contar con una autorización de vertidos (Ley de Costas 1988).</p>

⁴ *California Coastal Commission*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q16> (mayo de 2022)

⁵ *Coastal-Development Permit*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q1c> (mayo de 2022)

⁶ *Public Trust*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q1i> (mayo de 2022)

⁸ Plan Hidrológico Español. Disponible en: <http://bcn.cl/30q1t> (mayo de 2022)

⁹ Ley de Costas de España de 1988. Disponible en: <http://bcn.cl/30q1x> (mayo de 2022)

¹¹ Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental de España. Disponible en: <http://bcn.cl/30q2a> (mayo de 2022)

	<p>policía del dominio público marítimo-terrestre.</p> <p>La Ley de Protección del Medio Marino¹⁰, como correlato de la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina, establece el deber de asegurar el uso sostenible de los recursos del medio marino que tenga en consideración el interés general. Destacan objetivos como: prevenir y reducir los vertidos al medio marino; evitar impactos o riesgos graves para la biodiversidad y ecosistemas marinos, la salud humana, entre otros; y garantizar que las actividades y usos en el medio marino sean compatibles con la preservación de su biodiversidad.</p> <p>Sin perjuicio de lo anterior, no existen ni en la Ley de Costas de 1988 ni otra normativa española vigente, disposiciones que contemplen específicamente autorizaciones para la extracción del agua marina.</p>	
Australia (Estado de Victoria)	<p>Las actividades de desalinización se encuentran sujetas principalmente a la regulación y requisitos de aprobación de cada Estado. En materia ambiental e indígena, por tratarse de actividades de suministro alternativo de agua, deben cumplir con las regulaciones federales y directrices nacionales.</p> <p>En el Estado de Victoria, conforme con la <i>Coastal Management Act</i>¹², se requiere obtener un consentimiento escrito del Ministerio de Planificación para el uso de las tierras ubicadas dentro de 200 metros desde la línea de la más alta marea y el fondo del mar de las aguas costeras (<i>Coastal Crown Land</i>¹³).</p> <p>Las actividades de desalinización son desarrolladas por <i>Melbourne Water</i> y</p>	<p>La evaluación de impacto ambiental es un requisito previo para la realización de cualquier proyecto de desarrollo, incluidas las plantas de desalinización. En el Estado de Victoria, estas materias se encuentran reguladas en la <i>Environment Effects Act</i>¹⁵, en la <i>Planning and Environment Act</i>¹⁶ y, especialmente, la <i>Environment Protection Regulations (Scheduled Premises and Exemptions)</i>¹⁷, en la que se designan determinadas actividades industriales o comerciales como aquellas que requieren contar con autorización o de acuerdo con lo dispuesto en la <i>Environmental Protection Act</i>¹⁸.</p> <p>Adicionalmente, la descarga de residuos en cualquier terreno o aguas requiere contar con una autorización otorgada por</p>

¹⁰ Ley de Protección del Medio Marino, España. Disponible en: <http://bcn.cl/30q26> (mayo de 2022)

¹² *Coastal Management Act, Australia*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q2l> (mayo de 2022)

¹³ *Coastal Crown Land*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q2o> (mayo de 2022)

¹⁵ *Environment Effects Act*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q32> (mayo de 2022)

¹⁶ *Planning and Environment Act*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q36> (mayo de 2022)

¹⁷ *Environment Protection Regulations (Scheduled Premises and Exemptions)*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q3a> (mayo de 2022)

¹⁸ *Environmental Protection Act*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q3l> (mayo de 2022)

	<p>otras empresas del gobierno del Estado de Victoria encargadas del suministro de agua potable y reciclada, y de la gestión de las cuencas de abastecimiento de las ciudades.</p> <p>El uso del borde costero se rige por la <i>Land Acquisition and Compensation Act</i> de 1986¹⁴, que señala que las autoridades competentes pueden constituir servidumbres o adquirir terrenos para un sitio asociado a un proyecto, a cambio del pago de una compensación.</p>	<p>la autoridad ambiental previo a la construcción de las instalaciones que efectuarán la disposición, además de una licencia para operar.</p> <p>La <i>State Environment Protection Policy (Waters of Victoria)</i>¹⁹, consigna que las plantas desalinizadoras pueden requerir una licencia, no por el desarrollo de la actividad en sí misma, sino que para autorizar la descarga de residuos (zona de mezcla) ante la imposibilidad gestionar de otra forma las aguas residuales. No obstante, debe quedar demostrada la inexistencia de daños ambientales más allá de esa zona.</p>
Israel	<p>El Plan Maestro de Desalinización²⁰ define los principales aspectos de planificación de la distribución geográfica de las plantas desaladoras, tales como: la ubicación de las zonas industriales y con mayor población del país, que requieren agua de alta calidad; los puntos de conexión con el acueducto nacional; la ubicación de las principales plantas de generación eléctrica que utilizan el agua de mar como refrigerante y que, además, podrían compartir infraestructura y servicios con las plantas de desalinización; entre otros.</p> <p>En cuanto a la extracción de agua de mar para desalinización, ni esta materia ni la gestión del agua de mar en general se encuentran reguladas en la legislación israelí.</p>	<p>La autorización ambiental de este tipo de proyectos se encuentra supeditada a la presentación de una evaluación de impacto ambiental, de conformidad con lo dispuesto en la <i>Planning and Building Regulations (Environmental Impact Statements)</i>, de 2003²¹.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a las fuentes citadas

¹⁴ *Land Acquisition and Compensation Act* de 1986. Disponible en: <http://bcn.cl/30q2w> (mayo de 2022)

¹⁹ *State Environment Protection Policy (Waters of Victoria)*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q3n> (mayo de 2022)

²⁰ Plan Maestro de Desalinización de Israel. Disponible en: <http://bcn.cl/30q3v> (mayo de 2022)

²¹ *Planning and Building Regulations (Environmental Impact Statements)*, de 2003. Disponible en: <http://bcn.cl/30q0v> (mayo de 2022)

La propiedad del agua desalada:

La publicación²² corresponde al estado primitivo del agua salobre en la mayor parte de los países, que califican el agua de su mar territorial y costas bajo este régimen jurídico. Si bien esta calificación puede ser debatida una vez ocurrida su desalación, en ciertos casos ella es consagrada de manera expresa²³.

De acuerdo a lo anterior, surgen dos posibilidades regulatorias en relación al régimen aplicable al agua desalada. Por una parte, aquel en el cual ésta conserva su régimen público y, por el otro, aquel por el que ella es calificada como un bien privado, mediante la especificación. La Tabla 2 muestra un comparado de Chile y otros países sobre el régimen de propiedad aplicado al agua desalada.

Tabla 2. Regímenes de propiedad del agua desalada en diferentes países

País	Régimen de propiedad del agua desalada
Chile	En general, es posible considerar que la pérdida de salinidad del agua de mar provoca su desnaturalización y, por consiguiente, su desafectación al régimen propio de los bienes públicos. En nuestro país, dada la inexistencia de disposiciones que dispongan lo contrario, es posible sostener que éste es el régimen vigente, al menos por la aplicación de las reglas generales previstas por el Código Civil relativas a la adquisición de muebles. En efecto, la especificación corresponde a un tipo de adquisición que se verifica “cuando de la materia perteneciente a una persona, hace otra persona una obra o artefacto cualquiera” (artículo 662 del Código Civil). De este modo, la producción de agua desalada seguiría un curso similar al aprovechamiento de otros bienes naturales, como los bienes mineros, donde el especificante pasa a adquirir por sus labores, sin perjuicio que en principio dichos elementos se encuentren excluidos del régimen de propiedad, por aplicación del artículo 19 N° 23 de la Constitución Política de la República.
España	Actualmente la ley en España es tajante al considerar que “el agua desalada es demanial en todo caso” ²⁴ (disposición final primera del artículo 2 de la Ley 11/2005, del 22 de junio, por la que se modifica el Plan Hidrológico Nacional).
Argelia	La Ley N° 5-12 del 4 de agosto de 1995, relativa al agua, artículo 5, señala que sólo forman parte del dominio público las aguas desaladas y las aguas submarinas desmineralizadas afectas a un fin de utilidad pública. Esta referencia final permite mantener el régimen de propiedad privada respecto del agua que no se encuentra

²² Martínez López-Muñiz (2003) la define como “la atribución a entidades públicas de la titularidad jurídica exclusiva sobre determinado tipo de bienes o servicios”

²³ Biblioteca del Congreso Nacional BCN (2015). La desalación del agua: regímenes comparados (Informe BCN). Elaborado por Harris, P. (mayo de 2015).

²⁴ Op. Cit. Pappas, M. (2011). *Unnatural Resource Law: Situating Desalination in Coastal Resource and Water Law Doctrines*, p. 93 y siguientes.

	sujeta a dicha afectación, lo que en general ocurre mediante la especificación privada ²⁵ .
Estados Unidos de Norteamérica	Aquellos estados que siguen un régimen de propiedad sujeta al <i>public trust</i> , doctrina que consagra deberes de conservación para los poderes públicos, característica que se opone a la variación de la propiedad. Conforme a este razonamiento, una propiedad pública deberá seguir siendo pública, sin perjuicio de los esfuerzos del desalinizador. La doctrina considera la posibilidad de otorgarle comisiones ²⁶ al desalinizador, sin que por ello pueda ser considerado como propietario privado ²⁷ . Esta teoría ha sido aceptada en materia de aguas por algunas sentencias de la Corte Suprema (v.gr: California v. Estados Unidos, 438 U.S. 645, 645-46 1978).
Israel	La legislación señala que todas las fuentes de agua (no diferencia si son marinas o continentales) son públicas. Por otra parte, las instalaciones para la desalinización de agua son consideradas como “infraestructura nacional”, cuando estas son declaradas de “importancia nacional” ²⁸ , circunstancia que permitiría derivar que el agua desalada es “agua pública”.
Australia (Estado de Victoria)	Las actividades de desalinización son desarrolladas por Melbourne Water y otras empresas del gobierno del Estado de Victoria encargadas del suministro de agua potable y reciclada, y de la gestión de las cuencas de abastecimiento de las ciudades ²⁹ (se deriva que el agua desalada es agua pública). Sin embargo en periodo de extraordinaria crisis hídrica (2007-2010) se impulsó la construcción de una planta con inversión público-privada ³⁰ .

Fuente: Elaboración propia en base a trabajo de Harris (2015)³¹ y otras fuentes citadas en tabla.

3. Impactos ambientales de la desalación y su mitigación

En general, las plantas desalinizadoras tienen asociados 2 impactos ambientales: la generación de CO₂ y el vertido de salmueras. Respecto a los efectos de este último, un trabajo elaborado por la Biblioteca

²⁵ Ello contrasta con el régimen de la concesión, que prevé otorgarlas, ya sea para el cumplimiento de una finalidad de utilidad pública o por el sólo interés del concesionario (artículo 77).

²⁶ Este título es denominado por la doctrina anglosajona como “*conveyance rights*”.

²⁷ Op. Cit. Pappas, M. (2011). *Unnatural Resource Law: Situating Desalination in Coastal Resource and Water Law Doctrines*, p. 123.

²⁸ Así se dispone en el artículo 1º de las *Planning and Building Law 5725-1965 Excerpts*, de 1965. Disponible en: <http://bcn.cl/2a3b4> (mayo de 2022)

²⁹ *Melbourne Water and GHD* (2007). *Seawater Desalination Feasibility Study*, p. 38. Disponible en: <http://bcn.cl/2a3bo> (mayo de 2022)

³⁰ *Ferguson, B. C., et. al. (2013); Crisp, G., & Swinton, B. (2008). Desalination in Australia: A review. Journal of the Australian Water Association, (March)*, pp. 94 y 95. Disponible en: <http://bcn.cl/2a3bz> (mayo de 2022)

³¹ Biblioteca del Congreso Nacional BCN (2015). La desalación del agua: regímenes comparados (Informe BCN). Elaborado por Harris, P. (mayo de 2015).

del Congreso Nacional (2017)³² señala que los impactos ambientales descritos para estas plantas se agrupan en impactos físico-químicos de la salmuera (salinidad, temperatura y contaminantes) e impactos sobre la biota marina (ver Tabla 3).

Por otra parte, la sustentabilidad de la desalación presenta un enfoque técnico, socioeconómico y ambiental que debiera guiar a los investigadores y desarrolladores de tecnología sobre cómo cuantificar la eficiencia energética de un proceso de desalinización propuesto. Lo anterior, permitiría realizar una evaluación preliminar de la desalinización con energía renovable y si ésta es una buena opción para un entorno particular (Arafat, 2017)³³.

De acuerdo a lo señalado por Voutchkov y Kaiser (2019)³⁴, las plantas desalinizadoras mantienen sistemas integrales para predecir, monitorear y prevenir impactos potenciales en los ecosistemas en las cercanías de descargas de dichas plantas durante todas las fases del desarrollo e implementación del proyecto, desde la planificación hasta el diseño, construcción y operación. Las plantas utilizan pequeñas cantidades de productos químicos para mejorar los procesos de tratamiento, sin embargo, estos productos químicos no son diferentes de los utilizados en las plantas de tratamiento de agua convencionales y se seleccionan específicamente para no causar toxicidad ni daño al medio acuático.

Tabla 3. Principales impactos ambientales del proceso de desalinización y su mitigación

Impacto Ambiental	Estrategias de Mitigación
Emisiones de CO ₂ debido a los sistemas de desalinización alimentados con combustibles fósiles. En general, estas plantas desaladoras consumen bastante energía.	La solución estaría en el uso de energías renovables limpias, integradas al sistema de desalinización, aprovechando las fuentes locales, tales como la solar, eólica y geotérmica, las que ayudarán a reducir las emisiones de CO ₂ . También, el uso de tecnologías con mayor eficiencia energética permitirán ahorrar el alto grado de energía que se requiere para el proceso, bajando las emisiones por este concepto.
Pluma salina, que puede percibirse a metros y hasta cientos de kilómetros en casos extremos alrededor de la descarga, afectando la biota marina. El grado de este impacto depende de la capacidad y tecnología de la planta, diseño de los difusores al final de los emisarios de descarga y la hidrología del ecosistema. A nivel mundial, las desaladoras generan 141,5 millones de m ³ de salmuera por día, lo que representa un 50% más de lo que se creía ³⁵ .	Estudiar y simular previo a instalación de planta, además del monitoreo durante la operación, tanto las condiciones oceanográficas del lugar (profundidad, temperatura, recarga natural de agua, entre otras) como la calidad, cantidad y frecuencia del vertido. También, es importante diluir el vertido con agua de mar, aumentando la velocidad de la mezcla de salmuera con el mar antes de que alcance a ecosistemas sensibles ³⁶ . No obstante, en la mayoría de los casos la intensidad de la pluma salina

³² Biblioteca del Congreso Nacional (2017). Impacto Ambiental de Desalinización de Agua de Mar. Informe elaborado por Enrique Vivanco (mayo de 2017).

³³ Arafat, H.A. (2017). *Desalination sustainability. A technical, socioeconomic, and environmental approach*. Amsterdam Netherlands: Elsevier. Disponible en: <http://bcn.cl/228q3> (mayo de 2022)

³⁴ Voutchkov, N. and Kaiser, G. (2019). *Sustainable management of desalination plant concentrate -Desalination industry position paper - Energy and Environment Committee of the International Desalination Association (IDA) Presenter*. Disponible en: <http://bcn.cl/2ozut> (mayo de 2022)

³⁵ Jones, E.; Qadir, M. et al (2019). *The state of Desalination and brine production: A global Outlook. Science of the Total Environment, Volume 657*. Disponible en: <http://bcn.cl/2ozto> (mayo de 2022)

³⁶ BBC (2017). ¿Puede la desalinización ser la solución para la crisis mundial del agua?. Disponible en: <http://bcn.cl/2oztu> (mayo de 2022)

Impacto Ambiental	Estrategias de Mitigación
	disminuye rápidamente dentro de los 20 primeros metros de la descarga.
Elevación de la temperatura de las aguas en los ecosistemas receptores producto de las salmueras vertidas, lo que variará significativamente según el tipo de tecnología utilizada para desalar el agua de mar, especialmente con la destilación.	En la mayoría de los casos el incremento de temperatura que aporta la salmuera al medio ambiente se disipa rápidamente, dependiendo fuertemente de las características oceanográficas del entorno. Se recomienda evitar las bahías pequeñas, cerradas y poco profundas, que demoran más tiempo en disipar la mayor temperatura de la salmuera.
Contaminación por uso de productos químicos como biocidas (cloro y cobre), anti-incrustantes y anti-espumantes durante la operación, pre y post tratamiento de una planta desaladora.	En general, todas las plantas desaladoras –algunas más que otras- emiten productos contaminantes al ambiente durante su funcionamiento. En la tecnología de Osmosis Inversa (OI) estos químicos deben ser extraídos antes de entrar a las membranas de filtración. Sin embargo, las cantidades y concentraciones de estos productos son muy bajas reduciendo su posible impacto.
La toma de agua de mar para desalación absorbe conjuntamente organismos planctónicos, huevos de peces, larvas, entre otros, que resultarán dañados o muertos al pasar por sistemas de filtros físicos de las bocas de succión. También, al interior del proceso, los cambios de presión y velocidad de las bombas eliminarán los organismos sobrevivientes que pudieron pasar la primera barrera física. Posteriormente, el cloro y otros químicos usados como anticorrosivos y anti-incrustantes terminarán con la fauna más resistente.	Es importante considerar las condiciones locales del medio ambiente, diseño de las centrales, tecnologías de toma y descarga, entre otras. Estudiar la distribución y abundancia de peces y otros organismos, que puede variar tanto anualmente como en periodos más cortos. Asimismo, se ha recomendado aumentar la frecuencia del monitoreo en las plantas de desalinización para obtener información que ayude a mejorar las medidas de adaptación. Uso de tamices para evitar que se arrastren los peces vivos o bien poderlos devolver en caso que se arrastren.

Fuente: Elaboración propia, basado en trabajos de la Biblioteca del Congreso Nacional³⁷ ³⁸ y otras fuentes citadas en texto.

4. Otras consideraciones

Determinación de los precios o tarifas del agua desalada:

De acuerdo a Aladyr (2021)³⁹, el tamaño de la planta desaladora es un factor significativo a considerar en un proyecto de esta naturaleza (Figura 1). Para grandes plantas de desalación por ósmosis inversa, el equipamiento es un ítem relevante, como también los costos operacionales y la mantención, además

³⁷ Biblioteca del Congreso Nacional (2017). Impacto Ambiental de Desalinización de Agua de Mar. Informe elaborado por Enrique Vivanco.

³⁸ Biblioteca del Congreso Nacional (2017). Nuevas tecnologías para hacer más eficientes las plantas desalinizadoras. Informe elaborado por Eduardo Baeza.

³⁹ Aladyr (2021). Desalación de agua de mar: situación en Chile y en el mundo. Disponible en: <http://bcn.cl/30q4y> (mayo de 2022)

de los gastos de desarrollo y tramitación del proyecto. No obstante, son cada vez más bajos, gracias a los sistemas de recuperación de energía y membranas que operan a menores presiones.

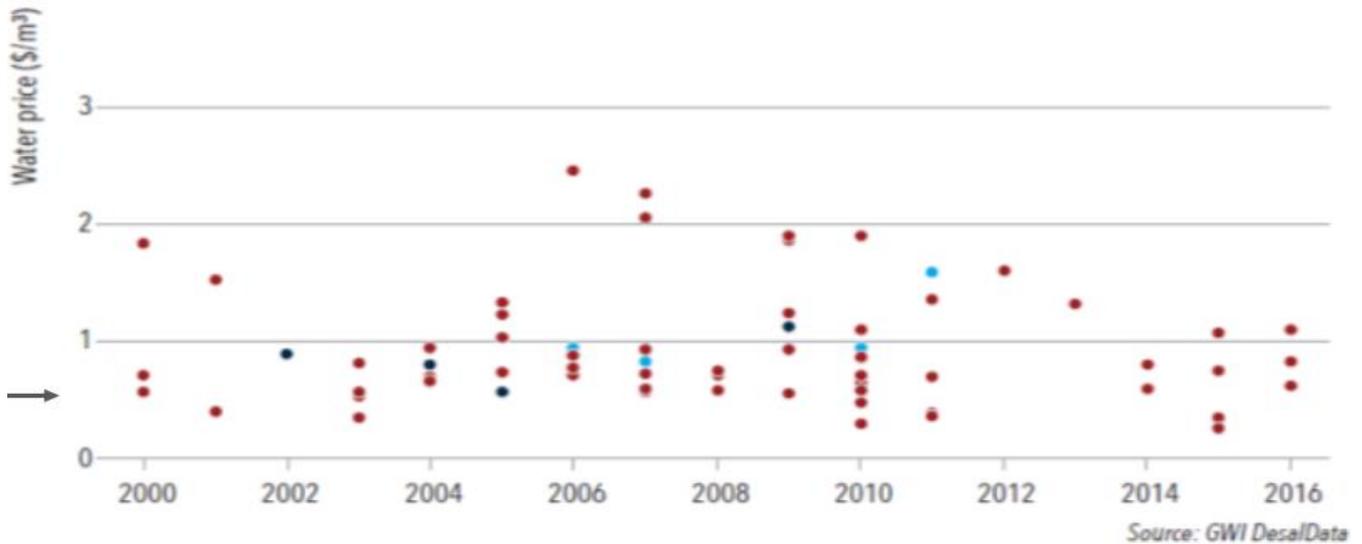
Figura 1. Comparativo por tamaños de las plantas desaladoras.

Producción de Agua Tratada (agua desalinizada potable o industrial u otro uso)			# Habitantes que Abastece		Precio exFab Desaladora (sólo equipamiento) (USD)	OPEX: Costo Producción x m3 (Con Operador) (USD)	Potencia Consumida (kWh)	Tiempo de Implementación (Meses)	Dimensiones aprox. Planta desaladora (sin auxiliares) (m2)
			50 l/d pp (emergencia)	150 l/d pp (estándar)					
(m3/día)	(m3/hora)	(l/s)	(# hab)	(# hab)					
10	0,4	0,1	200	67	65.000	1,46	1,7	3	25
100	4,2	1,2	2.000	667	200.000	0,99	17	6	50
500	20,8	5,8	10.000	3.333	498.000	0,57	73	6	100
1.000	41,7	11,6	20.000	6.667	596.400	0,55	138	6	150
2.000	83	23	40.000	13.333	871.200	0,54	267	6	200
8.640	360	100	172.800	57.600	9.000.000	0,47	1.080	24	5.000
43.200	1.800	500	864.000	288.000	45.000.000	0,47	5.400	60	14.000
86.400	3.600	1.000	1.728.000	576.000	90.000.000	0,46	10.800	72	20.000

Fuente: Aladyr

La energía sigue siendo el insumo de operación de mayor incidencia en el costo (superior al 40% de los costos de operación). Lo anterior ha determinado una disminución de los precios de venta de agua desalada en contratos de gran volumen, los que se acercan cada vez más a niveles cercanos a USD 0,5 / m³ (Figura 2).

Figura 2. Tendencia de precios del agua desalada (en dólares americanos).



Fuente: Aladyr

Distribución del agua desalada a los centros de consumo y sus restricciones:

En general, la distribución del agua desalada se realiza mediante la integración a los sistemas o acueductos existentes (nacionales o locales), el trasvase de estas aguas hacia cuencas receptoras deficitarias y almacenadas en embalses, y acueductos privados diseñados para estos fines.

En Israel, las plantas de desalinización del país forman parte de un sistema integrado e interconectado a través del acueducto nacional, lo que permite una operación continua a las plantas de desalinización y con inversiones de almacenamiento mínimas. La interconexión permite la mezcla del agua desalada con aquella proveniente de otras fuentes de abastecimiento, reduciéndose así significativamente las concentraciones totales de sólidos disueltos, cloruro y sodio; así como sus niveles de nitratos y dureza⁴⁰

Además, en Israel el abastecimiento de agua para consumo humano se basa en agua desalada en una gran proporción (80%), que luego de ser usada se reutiliza para riego. Los sistemas de tratamiento de aguas permiten el reuso del recurso para diferentes actividades (riego, uso industrial y doméstico). No obstante, igual se han manifestado algunos problemas agronómicos por el agua desalada, afectando la productividad de los cultivos, los costos de fertirrigación y la conservación de los suelos agrícolas⁴¹.

En España, se han introducido algunos cambios en la Política Nacional del Agua, especialmente tras la derogación del trasvase del Ebro del Plan Hidrológico Nacional del 2001. Sin embargo, el trasvase ha sido sustituido por el Programa A.G.U.A. (Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua), cuyo objetivo es aportar los caudales que habrían sido aportados por el trasvase mediante la desalación del agua del mar⁴². Más de un 20% de las plantas desaladoras son para riego, destacando Almería, con grandes superficies de agricultura intensiva para producir frutos y hortalizas⁴³. Sin embargo, el uso de este recurso alternativo no ha estado exento de problemas, presentando inconvenientes al mezclar agua desalada con el agua continental, en distintas proporciones, como en el embalse de La Pradera, donde el factor limitante ha sido el contenido de boro. Además, los post-tratamientos aplicados al agua desalada para riego agrícola, en base a los requerimientos de calidad para consumo humano (RD 140/2003), podrían derivar en problemas agronómicos a nivel de productividad de los cultivos y de calidad de las cosechas^{44 45}.

En California, en el caso de la planta desalinizadora de Santa Bárbara, también existe interconexión con el sistema estatal. No obstante, los altos costos que implicó la construcción de la planta elevó los precios

⁴⁰ Dreizin, Y., Tenne, A., & Hoffman, D. (2008). *Integrating large scale seawater desalination plants within Israel's water supply system*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q48> (mayo de 2022)

⁴¹ Instituto de Cooperación para la Agricultura IICA-Chile (2021). Desalinización de agua, nueva fuente para el riego agrícola (Seminario Internacional). Disponible en: <http://bcn.cl/2phpg> (mayo de 2022)

⁴² San Martín, E. (2011). Un análisis económico de los trasvases de agua intercuenas: el trasvase tajo-segura (Tesis Doctoral). Disponible en: <http://bcn.cl/2bikc> (mayo de 2022)

⁴³ Op. Cit. Instituto de Cooperación para la Agricultura IICA-Chile (2021). Desalinización de agua, nueva fuente para el riego agrícola (Seminario Internacional).

⁴⁴ Álvarez, V., Martín-Gorrioz, B. y Soto, M. (2015). Problemática de la aplicación de agua marina desalinizada al riego agrícola. Caso de estudio del canal del campo de Cartagena. Disponible en: <http://bcn.cl/2phpb> (mayo de 2022)

⁴⁵ FAO (2015). Desalinización del agua para aplicaciones agrícolas. Disponible en: <http://bcn.cl/2phpc> (mayo de 2022)

del agua a un nivel que no se justificaba la operación de la planta de manera permanente y solo opera como un sistema de respaldo ante contingencias de estrés hídrico⁴⁶.

En Chile, existe una iniciativa que considera la construcción y operación de un acueducto subterráneo de carácter privado, que permitirá transportar y distribuir agua desalada para uso industrial desde Copiapó hacia el sector del cordón de Maricunga, lo que se suma a otro proyecto de la misma empresa que distribuirá agua desalada para uso industrial a distintos usuarios, desde Copiapó hacia la comuna de Diego de Almagro. El objetivo principal es reducir los usos de aguas continentales y dejarlas disponibles para usos prioritarios y/o que puedan recargarse los acuíferos (Fundación Terram, 2021)⁴⁷.

Finalmente, un estudio del año 2004 sostuvo que el agua desalinizada puede ser una solución para algunas regiones de estrés hídrico, pero no para lugares pobres, en el interior de un continente o en una gran elevación, debido a los altos costos de elevarla y transportarla, los que en algunos casos podrían igualar a los costos de la desalación⁴⁸.

Nota aclaratoria

Asesoría Técnica Parlamentaria está enfocada en apoyar preferentemente el trabajo de las Comisiones Legislativas de ambas Cámaras, con especial atención al seguimiento de los proyectos de ley. Con lo cual se pretende contribuir a la certeza legislativa y a disminuir la brecha de disponibilidad de información y análisis entre Legislativo y Ejecutivo.



Creative Commons Atribución 3.0
(CC BY 3.0 CL)

⁴⁶ Cooley, H., Gleick, P., & Wolff, G. (2006). *Desalination, with a grain of salt. A California Perspective. Statistics* (Vol. 35). *Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security*. Disponible en: <http://bcn.cl/30q8o> (mayo de 2022)

⁴⁷ Fundación Terram (2021). Proyecto de distribución de agua desalada multicliente en atacama. Disponible en: <http://bcn.cl/30q4e> (mayo de 2022)

⁴⁸ Ruiz, S. (2017). La Desalinización de Agua de Mar para Riego Agrícola de Cultivos Hortícolas. Serie Agua y Riego Núm. 17. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 6 p. Disponible en: <http://bcn.cl/2phpf> (mayo de 2022)