

Impacto Ambiental de Desalinización de Agua de Mar

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS, EXTENSIÓN Y PUBLICACIONES / 22 DE MAYO DE 2017

ASESORÍA TÉCNICA
PARLAMENTARIA

La Asociación Internacional para Desalinización define desalinización o desalación como “el proceso de eliminación de sales disueltas del agua, produciendo de este modo agua fresca a partir del agua de mar o agua salobre”. Mientras en Chile, la Comisión Nacional de Riego define desalinización como “el proceso por el cual el agua de mar, que contiene 35.000 partes por millón (ppm) de sales, y las aguas salobres, que contienen de 5.000 a 10.000 ppm, se convierten en agua apta para el consumo productivo, humano e industrial”. Es decir, la desalinización expresada en cifras, se puede entender como bajar las sales disueltas de 38.000 mg/L (agua de mar) a menos de 500 mg/L (agua potable, o de consumo humano). En general, un dispositivo desalinizador separa esencialmente agua con alta concentración de sales en dos corrientes: una con baja concentración de sales disueltas (la corriente de agua fresca) y la otra salmuera (solución concentrada de sales). Estos equipos requieren energía para operar y pueden usar un gran número de diferentes tecnologías para lograr la separación.

La gran mayoría de los estudios sobre el impacto ambiental de las plantas de desalinización publicados se han enfocado en la influencia de la salmuera sobre los atributos físico-químicos de los ecosistemas receptores. En particular, los estudios han apuntado a la salinidad y la temperatura de la descarga de salmuera. Es así, que los efectos de la pluma salina pueden percibirse desde metros alrededor de la descarga, hasta cientos de kilómetros en casos extremos. Estas diferencias, pueden darse por una serie de combinaciones tales como la capacidad y tecnología de la planta, diseño de los difusores al final de los emisarios de descarga y la hidrología (profundidad, temperatura, recarga natural de agua, entre otras) del ecosistema. También, la diferencia en el diseño muestral podría influir en los resultados publicados.

Las tecnologías para desalinización evacuan salmueras que pueden elevar la temperatura de las aguas en los ecosistemas receptores. Sin embargo, la temperatura de la salmuera

variará significativamente según el tipo de tecnología utilizada para desalar el agua de mar. Por ejemplo, las plantas MSF u otras formas de destilación, ubicadas mayormente en medio oriente por la alta disponibilidad de combustibles fósiles, suelen emitir salmueras con 10 a 15°C de temperatura más altas que las aguas receptoras. Por el contrario, las plantas de OI vierten salmueras con mayor concentración de sales y temperaturas no mayores de 1°C por sobre el agua circundante.

Durante la operación, pre y post tratamiento de una planta desaladora, se usan productos químicos como biocidas, anti-incrustantes y antiespumantes. En general, todas las plantas desaladoras –algunas más que otras– emiten productos contaminantes al ambiente generados durante su funcionamiento.

Muchos de los estudios se han realizado en ecosistemas de poca profundidad, por ejemplo, en zonas del Mediterráneo. En estos ambientes de menor movimiento en la columna de agua, la pluma salina de mayor densidad tiende a desplazarse a lo largo del fondo marino. Bajo estas condiciones, los organismos que componen el bentos –sobre todo los organismos sésiles– deberían recibir la mayor descarga de la salmuera, por ejemplo, praderas de algas submarinas y su fauna asociada. En estos lugares, se tiene registros donde la flora marina costera muestra variaciones en abundancia y distribución por recibir directamente la descarga de salmuera.

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 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, cloro y otros químicos usados como anticorrosivos y anti-incrustantes terminarán con la fauna más resistente.

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.

Contacto

E-mail: atencionparlamentarios@bcn.cl

Tel.: (56) 32-226 3168 (Valpo.)

El presente documento responde a una solicitud parlamentaria del Congreso Nacional, conforme a sus orientaciones y particulares requerimientos. Por consiguiente, tanto la temática abordada como sus contenidos están determinados por los parámetros de análisis acordados y por el plazo de entrega convenido. Su objeto fundamental no es el debate académico, si bien su elaboración observó los criterios de validez, confiabilidad, neutralidad y oportunidad en la entrega

Enrique Vivanco Font

Es Biólogo Marino (Universidad de Valparaíso, 1999) y estudios de Master Of Science del Medio Ambiente (Universidad de Lund, 2006) Cursos internacionales en Taiwán sobre Energía y en Japón sobre Cambio Climático. Sus intereses de investigación son: Contaminación, Recursos Hídricos, Energías Renovables y Desarrollo Sustentable.

E-mail: evivanco@bcn.cl

Tel.: (56) 32 226 3195

Introducción

El documento entrega información general sobre definición y características de los procesos de desalinización de agua de mar. Posteriormente, el informe se centra en el impacto ambiental que puede generar la desalinización en zonas costeras. En la elaboración del informe se recurrió a documentos e información relevante sobre la materia.

Definición de desalinización o desalación de agua de mar

La Asociación Internacional para Desalinización (IDA, acrónimo de *International Desalination Association*) define desalinización o desalación como “el proceso de eliminación de sales disueltas del agua, produciendo de este modo agua fresca a partir del agua de mar o agua salobre”. Por la escasez de agua dulce en muchas zonas del planeta, se ha vuelto frecuente producir agua fresca a partir de agua con alta concentración salina para fines domésticos o municipales. También, es cada vez más frecuente el uso de tecnologías en desalación de aguas marinas o salobres para la industria, por ejemplo minería en el caso de Chile.

En Chile, la Comisión Nacional de Riego (CNR, 2011) define desalinización como “el proceso por el cual el agua de mar, que contiene 35.000 partes por millón (ppm) de sales, y las aguas salobres, que contienen de 5.000 a 10.000 ppm, se convierten en agua apta para el consumo productivo, humano e industrial”. Es decir, la desalinización expresada en cifras, se puede entender como bajar las sales disueltas de 38.000 mg/L (agua de mar) a menos de 500 mg/L (agua potable, o de consumo humano).

En general, un dispositivo desalinizador separa esencialmente agua con alta concentración de sales en dos corrientes: una con baja concentración de sales disueltas (la corriente de agua fresca) y la otra salmuera (solución concentrada de sales). Estos equipos requieren energía para operar y pueden usar un gran número de diferentes tecnologías para lograr la separación.

Actualmente, como indica IDA, a nivel global se cuenta con más de 18 mil plantas desalinizadoras (actualizado al 30 de junio de 2015) con diferentes envergaduras y tecnologías. Para ver la magnitud global de este proceso, si se suma la producción total de agua desalada en todas estas instalaciones se alcanzarían más de 86 millones de metros cúbicos producidos diariamente. Esto significa, que más de 300 millones de personas en 150 países se benefician con esta agua.

Tecnologías de desalinización de agua de mar

La desalinización utiliza dos formas de extracción de sales del agua de mar: evaporación del agua y la vuelta a condensar, lo que hace básicamente es imitar el ciclo natural de evaporación y lluvia, ejemplo de esta tecnología es la destilación flash multietapas o MSF (acrónimo del inglés *Multi-stage flash*). El segundo grupo, y de mayor crecimiento en Chile y el mundo desde la década del 1960, se basa en membranas que retienen las sales, dentro de este grupo se encuentra la tecnología de Osmosis Inversa (OI).

La OI como se menciona anteriormente es la tecnología de desalinización de mayor uso en Chile y el mundo. Básicamente, la OI utiliza el principio natural de la osmosis que ocurre en los tejidos de plantas y animales. Es decir, en forma natural cuando se tiene dos soluciones¹ con diferentes concentraciones -una más concentrada que la otra- y unidas a través de una membrana que permite el paso del solvente, se produce un flujo natural del solvente o líquido menos concentrado a la de mayor concentración de soluto.

Bajo el principio de osmosis, la OI aplica presión externa sobre la solución más concentrada y se hace pasar “inversamente” a través de la membrana, permitiendo que pase el solvente y quede retenido el soluto en la membrana. Lo que se obtiene con la OI es un agua de pureza admisible.

Impacto ambiental del proceso de desalinización

Las plantas desaladoras, ~~y~~ como fue descrito anteriormente, utilizan el insumo agua de mar o salobre para generar un producto o agua desalada que es consumida por la población o industria. Sin embargo, a lo largo de las etapas de este proceso se producen externalidades ambientales, cuestionando algunas de las tecnologías de desalación.

Dentro de los impactos ambientales descritos para plantas desaladoras se encuentran:

➤ Impacto físico-químico de la descarga de salmuera en el medio marino

La gran mayoría de los estudios publicados se han enfocado en la influencia de la salmuera sobre los atributos físico-químicos de los ecosistemas receptores. En particular, los estudios han apuntado a la salinidad y la temperatura de la descarga de salmuera.

¹ Solución: soluto disuelto en un solvente

Salinidad

Una parte importante de los estudios revisados por Roberts *et al.* (2010) indican que los efectos de la pluma salina pueden percibirse desde metros alrededor de la descarga, hasta cientos de kilómetros en casos extremos. Estas diferencias, pueden darse por una serie de combinaciones tales como la capacidad y tecnología de la planta, diseño de los difusores al final de los emisarios de descarga y la hidrología (profundidad, temperatura, recarga natural de agua, entre otras) del ecosistema. También, la diferencia en el diseño muestral podría influir en los resultados publicados.

Específicamente, el volumen y concentración de sales contenida en la salmuera dependerá de la tecnología utilizada. Por ejemplo, en la desalación por destilación la salmuera representa de 8 a 10 veces el volumen de agua desalada, mientras que en las plantas de OI el volumen de salmuera es 2,5 a 3 veces el volumen de agua desalada, por lo tanto la concentración de sales es mucho mayor (Sadhvani 2004).

Roberts *et al.* (2010), destaca en su artículo que en la mayoría de los casos la intensidad de la pluma salina (concentración de sales) disminuye rápidamente, no mayor a 2 partes por mil (ppt) sobre el nivel de salinidad normal dentro de los 20 primeros metros de la descarga². Para plumas salinas que se extienden por cientos de metros, usualmente la mayor salinidad alcanza menos de 0,5 ppt por sobre la salinidad base del lugar.

Respecto a las aéreas de mayor o menor exposición de la descarga salina, estudios en modelación oceanográfica realizados por Shao y Law (2009, citado por Roberts *et al.*, 2010) mencionan que en zonas costeras con corrientes prevalentes la pluma salina tendería a seguir la línea de costa, antes de salir mar afuera. Por lo tanto, las áreas susceptibles del impacto al impacto salino serían esperables en la zona costera. Adicionalmente, la influencia de los ciclos de mareas vería mayor impacto en el ciclo creciente de marea.

No obstante, los cambios medioambientales que pueden generarse por la descarga de la salmuera, responden a la combinación tanto de las condiciones oceanográficas (profundidad, temperatura, recarga natural de agua, entre otras) del lugar como a la calidad, cantidad y frecuencia del vertido.

Temperatura

Las tecnologías para desalinización evacuan salmueras que pueden elevar la temperatura de las aguas en los ecosistemas receptores. Sin embargo, la temperatura de la salmuera variará significativamente según el tipo de tecnología utilizada para desalar el agua de mar. Por ejemplo, las plantas MSF u otras formas de destilación, ubicadas mayormente en medio oriente por la alta disponibilidad de combustibles fósiles, suelen emitir salmueras con 10° a 15°C de temperatura más altas que las aguas receptoras. Por el contrario, las plantas de OI vierten salmueras con mayor concentración de sales y temperaturas no mayores de 1° C por sobre el agua circundante.

En este sentido, Bath *et al.* (2004, citado por Roberts *et al.*, 2010), publicó que algunas plantas multipropósito (energía y desalinización) en Australia pueden elevar la temperatura entre 0.1 a 0.5° C dentro de un radio de 7 km² alrededor del lugar de descarga. También, se destaca que los posibles impactos estarían asociados mayormente con plantas MSF. Adicionalmente, Roberts *et al.* (2010) concluyó que 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, es decir, una bahía pequeña, cerrada y poco profunda debería demorar más tiempo en absorber el aporte de la salmuera con mayor temperatura.

Contaminantes

Durante la operación, pre y post tratamiento de una planta desaladora, se usan productos químicos como biocidas, anti-incrustantes (en inglés, *anti-scalants*) y antiespumantes. En el caso de la tecnología de OI todos estos químicos deben ser extraídos antes de entrar a las membranas de filtración. También se utilizan detergentes en bajas dosis durante la limpieza de las membranas de OI. Sin embargo, las cantidades y concentraciones de estos productos son muy bajas reduciendo su posible impacto.

En general, todas las plantas desaladoras –algunas más que otras– emiten productos contaminantes al ambiente generados durante su funcionamiento. Por ejemplo, Roberts *et al.* (2010) cita variados estudios en el área del Golfo Árabe con plantas MSF y otros procesos de destilación, que se descargan diariamente al mar entre 11 y 20 millones de m³ de agua y salmuera. En el Mar Rojo, 21 plantas descargan 2.708 kg de cloro, 36 kg de cobre y 9.478 kg de anti-incrustantes. Estudios similares realizados en Florida, Estados Unidos, durante las décadas del 1960 y 1970 mostraron que una planta desalinizadora con tecnología de destilación arrojaba al mar 45 kg de cobre por día. El cobre proviene principalmente del proceso de toma y concentración del agua de mar, además, debe considerarse que una fracción de este metal está presente en forma natural en el medio marino.

² La salinidad promedio del agua de mar es 35‰ lo que es equivalente a 35 g de sales en 1 Kg de agua de mar. El símbolo ‰ se lee "partes por mil" o "g/1000g" o "g/kg".

La contaminación acústica es descrita durante la construcción de las plantas desaladoras y en su fase de operación. Es común el ruido, que se produce al momento de elevar la presión de impulsión del agua de alimentación por encima de la presión osmótica de las membranas.

➤ Impacto sobre organismos marinos

Muchos de los estudios antes mencionados, se han realizado en ecosistemas de poca profundidad en zonas del Mediterráneo. En estos ambientes de menor movimiento en la columna de agua, la pluma salina de mayor densidad tiende a desplazarse a lo largo del fondo marino. Bajo estas condiciones, los organismos que componen el bentos –sobre todo los organismos sésiles– deberían recibir la mayor descarga de la salmuera, por ejemplo, praderas de algas submarinas y su fauna asociada.

En estas zonas del mediterráneo, la flora marina costera muestra variaciones en abundancia y distribución por recibir directamente la descarga de salmuera que proviene de plantas desaladoras. Específicamente, praderas de *Posidonia oceanica*, cuyo rol ecológico es retener sedimentos, protección de la línea costera, servir de hábitat para organismos marinos y preservar la biodiversidad del lugar, han visto reducidas tanto su biomasa y afectada su estructura ecológica. El incremento de la salinidad en el sistema interfiere el metabolismo del nitrógeno y carbono reduciendo los procesos fotosintéticos (Sadhvani 2004).

En otros estudios realizados en *Key West*, Estados Unidos, se apreció que la descarga de salmuera generó la desaparición de las comunidades originales siendo reemplazados por organismos propios de situaciones de estrés tales como poliquetos serpúlidos, sabélidos y crustáceo balano (Sadhvani 2004).

Complementando lo anterior, trabajos de Ruso *et al.* (2007, 2008 citado por Roberts *et al.*, 2010) han mostrado que la descarga de salmuera en fondos blandos someros podrían alterar la estructura y biodiversidad de la fauna asociada a sedimentos. Por ejemplo, se reportó la mayor presencia de nemátodos y reducción en la abundancia y diversidad de poliquetos en áreas aledañas a la descarga de la salmuera.

Impacto de tomas de agua

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, cloro y otros químicos usados como anticorrosivos y anti-incrustantes terminarán con la fauna más resistente.

La mayoría de los trabajos sobre muertes de organismos marinos por toma de agua de mar se han realizados en plantas de energía. Por ejemplo, estudios realizados en las dos mayores centrales nucleares de California, Estados Unidos, Diablo Canyon y San Onofre, mostraron que durante un año promedio son absorbidos 1.8 billones de larvas de peces y 400 peces mayores para la primera central. En contraste, San Onofre, absorbió 5.6 billones de larvas de peces y 3.5 millones de peces. La diferencia en las dos centrales se debe a diversas causas, como condiciones locales del medio ambiente, diseño de las centrales, tecnologías de toma y descarga, entre otras (McClary *et al.* 2013, citado por Cooley *et al.*, 2013).

La distribución y abundancia de peces puede variar anualmente, así como dentro de periodos más cortos de tiempo. Esta variación, de acuerdo a lo señalado por Cooley *et al.* (2013) para trabajos en la costa de California, muchas veces no ha sido reflejado en estudios de corto plazo de la dinámica poblacional de la ictiofauna. Asimismo, se ha recomendado aumentar la frecuencia del monitoreo en las plantas de desalinización de California, para obtener información que ayude a mejorar las medidas de adaptación.

Referencias

CNR, Comisión Nacional de Riego. (2011). Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego. Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego. Disponible en: <http://bcn.cl/20nrs> (mayo 2017).

Cooley, H., Ajami, N., & Heberger, M. (2013). Key Issues in Seawater Desalination in California: Marine Impacts. California: Pacific Institute. Disponible en: <http://bcn.cl/20nrw> (mayo 2017).

IDA, International Desalination Association. Desalination 101. Disponible en: <http://bcn.cl/20nrp> (mayo 2017).

Roberts, D., Johnston, E., & Knott, N. (2010). Review: Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: a critical review of published studies. *Water research* 44: 5117-5128.

Sadhvani, J. (2004). Impacto ambiental en la desalación de aguas. Depto. Ingeniería de Procesos. Grupo de Tecnologías del Medio Ambiente. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. VII Congreso Nacional del Medio Ambiente. Fundación CONAMA, España. Disponible en: <http://bcn.cl/1qad5> (mayo 2017).