



Funcionamiento e Impacto Ambiental del Proceso de Desalinización de Agua de Mar

La desalinización es definida por la Asociación Internacional de Desalación (IDA, por sus siglas en inglés), como "el proceso de eliminación de sales disueltas del agua, produciendo de este modo el agua dulce a partir del agua de mar o agua salobre". En el mundo, las tecnologías para desalinización están lideradas por la ósmosis inversa (OI), con un 59%, seguida de la evaporación con un 27% y destilación con un 9%. La tecnología de la desalación por OI –tecnología que usarán la mayoría de las plantas desaladoras en Chile- consiste en aplicar presión mecánica logrando así contrarrestar la presión osmótica natural, de forma que el agua fluye desde una zona con mayor concentración de sales a una de menor concentración hasta obtener agua pura. Las aplicaciones y usos del agua obtenida por desalinización se reparten en los siguientes sectores: 68% para municipios y 22% para entidades industriales. El agua desalada también se ha empleado en la industria energética (5%), agricultura (2%) y en la industria turística y militar.

El proceso de desalación del agua de mar puede generar diversos impactos sobre el medio ambiente, por ejemplo, el vertido de la salmuera en el medio marino costero podría producir efectos negativos sobre las comunidades vegetales y animales de organismos marinos, llegando a destruir o modificar estructuras ecológicas. No obstante, el grado de afectación dependerá tanto de las condiciones oceanográficas (profundidad, temperatura, recarga natural de agua, entre otras) del lugar de descarga como de la calidad, cantidad y frecuencia del vertido. También la eliminación de otros residuos (biocidas, detergentes, antiincrustantes y antiespumantes) propios de la operación (pre y post tratamiento) podrían tener efectos sobre los ecosistemas, sin embargo, las concentraciones de descarga son mínimas. Asimismo el nivel de ruido generado por las plantas durante el proceso de construcción y operación debería ser considerado entre sus externalidades ambientales negativas.

A comienzos del año 2015 Israel puso en pleno funcionamiento la planta desalinizadora más grande y moderna del mundo, que proporciona el 20% del agua que consumen los hogares de todo el país. La nueva instalación fue construida para el Gobierno israelí por Israel *Desalination Enterprises* -también conocida como IDE Technologies-, con un coste de unos 500 millones de dólares. Sin embargo, gracias a una serie de avances en ingeniería en la tecnología de la OI se logra producir agua dulce a partir del agua del mar con menores costos y a una escala que nunca alcanzada.

Tabla de Contenidos

I. Desalinización o desalación.....	2
II. Funcionamiento de planta osmosis inversa (OI).....	3
1. Caso planta desalinizadora de Minera Escondida	4
III. Impacto medio ambiental generado por desalinización de agua de mar	5
1. Impactos ambientales descritos.....	5
2. Impacto ambiental indirecto.....	6
3. Nueva planta desalinizadora en Israel	7

Introducción

El informe presenta la situación de las políticas públicas sobre recursos hídricos, con enfoque en la desalinización de agua marina o salobre. También se muestra el procedimiento para generar agua apta para el consumo humano e industrial a partir de agua de mar. En particular se describe la tecnología de Osmosis Inversa, procesos, usos e impacto ambiental que pudiese producir en las zonas aledañas a las plantas desaladoras.

Para abordar el punto sobre políticas públicas en recursos hídricos, con enfoque en la desalinización se recurrió a la opinión y participación de actores relevantes en la reciente. Además el documento revisó información Conferencia Water Week 2015 sobre RRHH, informes sobre desalinización en organismos nacionales e internacionales tales como Asociación Internacional de Desalación (IDA, por sus siglas en inglés), Comisión Nacional de Riego, entre otros.

I. Desalinización o desalación

La desalinización es definida por la IDA como "el proceso de eliminación de sales disueltas del agua, produciendo de este modo el agua dulce a partir del agua de mar o agua salobre"¹. Además, se ha vuelto frecuente generar agua potable a partir de agua salina para fines domésticos o municipales, sin embargo, también es cada vez más usual el uso de las tecnologías de desalación en aplicaciones industriales tales como el sector energético del petróleo y gas.

En Chile la Comisión Nacional de Riego (CNR) define desalinización o desalación 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"². 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).

¹ Desalination: an overview. International Desalination Association (IDA). Disponible en: <http://bcn.cl/1q90h> (marzo 2016).

² Consejo de Ministros para la Comisión Nacional de Riego 2011. Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego Disponible en <http://bcn.cl/1k6ix> (marzo 2016).

En general, un dispositivo desalinizador separa esencialmente agua salada en dos corrientes: una con una baja concentración de sales disueltas (la corriente de agua fresca) y la otra contiene la salmuera (solución concentrada de sales). Estos equipos requieren energía para operar y pueden usar un gran número de diferentes tecnologías combinadas para lograr la separación³.

Actualmente a nivel global se cuenta con más 17 mil plantas desalinizadores de diferentes envergaduras y tecnologías. Sumando la producción de agua desalada de todas estas plantas se alcanzan más de 80 millones de metros cúbicos diariamente. Y más de 300 millones de personas en 150 países se benefician con esta agua⁴.

A nivel mundial, las tecnologías para desalinización están lideradas por la ósmosis inversa, con un 59%, seguida de la evaporación con un 27% y destilación con un 9%⁵.

Las aplicaciones y usos del agua obtenida por desalinización se reparte en los siguientes sectores: 68% para municipios y 22% para entidades industriales. El agua desalada también se ha empleado en la industria energética (5%), agricultura (2%) y en la industria turística y militar⁶.

II. Funcionamiento de planta 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 de osmosis que ocurre en los tejidos de plantas y animales. Es decir, en forma natural cuando se tiene dos soluciones⁷ 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 concentrada 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.

³ Alden d. (2004). Evaluación Económica de un Tren de Tratamiento de Agua Residual para la UDLA-P Disponible en: <http://bcn.cl/1k6iz> (marzo 2016).

⁴ Desalination by the Numbers. International Desalination Association (IDA). Disponible en: <http://bcn.cl/1q90e> (marzo 2016).

⁵ *Ibíd.*

⁶ Op.cit. Gabbrielli E.(2010). El desarrollo y el estado actual de los procesos El desarrollo y el estado actual de los procesos de desalinización y el rol de la International Desalination Association (IDA).

⁷ Solución: soluto disuelto en un solvente

1. Caso planta desalinizadora de Minera Escondida

Las primeras experiencias en desalinización en Chile se remontan al año 1998 en el norte. La primera fue una planta construida en enero de ese año en San Pedro de Atacama para abastecimiento de agua potable rural, y la segunda desaladora fue instalada en Arica para procesar aguas salobres. Luego se da un gran salto hasta la construcción de la planta desalinizadora por OI más grande de Sudamérica, encargada por Minera Escondida a Degrémont/Suez, ubicada en el puerto El Coloso, al sur de la ciudad de Antofagasta.

Esta planta surge dentro del plan de expansión de la empresa minera que tenía contemplado un proyecto de lixiviado de sulfuros en su mina a cielo abierto, iniciado por Escondida el 2003 para extraer 180.000 toneladas por año de cobre fino adicional, y que necesitaba un consumo adicional de 45.300 m³/día de agua industrial, imposible de conseguir en una zona desértica.

La inversión total de la planta fue de US\$ 3.500.000, con una vida útil a 30 años. Durante su fase de construcción dio trabajo a 6550 personas.

Tramitación medio ambiental⁸

El EIA obtuvo RCA favorable mediante RE N° 0205 el 12 de junio del 2009. La RCA permite la captación de agua de mar a 580m de la línea costera. El emisario submarino de descarga la salmuera proveniente del proceso de OI a 400m. Además se contempló la construcción de un embalse en el sector industrial de la mina de aprox. 2 millones de m³, a 170 Km de Antofagasta, aprox. a 3.300 m.s.n.m.

Normativa aplicable⁹

La Constitución Política (Art. 19 N°23) establece como bienes del Estado, aquellos que deben pertenecer a la nación y son declarados en ese rango por ley. Además, los bienes estatales están excluidos del comercio humano, sólo admiten su uso y goce por medio de autorizaciones, permisos o concesiones temporales administrativas. En el caso del uso de agua de mar el artículo 595 del Código Civil dispone que todas las aguas -entre las que se incluyen las marítimas- sean bienes nacionales de uso público.

Respecto a las Concesiones marítimas¹⁰, es el Ministerio de Defensa la entidad del Estado que puede otorgar el uso particular de los bienes nacionales de uso público o bienes fiscales mediante Decreto Supremo de concesión marítima. Toda concesión marítima tiene como límite máximo un plazo de 50 años, sin perjuicio de su renovación (Arts.3 y 5 Reglamento CM).

⁸ Estatuto jurídico aplicable a proyectos de plantas desalinizadoras. Presentación José Antonio Ramírez Arrayás, Asesor Ministerio de Obras Públicas. Taller Análisis de Iniciativas Plantas Desalinizadoras 19 de octubre de 2009. Disponible en: <http://bcn.cl/1q90c> (marzo 2016).

⁹ *Ibíd.*

¹⁰ Concesión marítima: es aquella cuyo plazo de otorgamiento excede de 10 años, o involucra una inversión superior a las 2.500 UTM.

En el caso particular de una concesión marítima para la construcción y operación de una planta desaladora, es el Ministerio de Defensa y la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (Directemar) quienes poseen la facultad privativa de conceder el uso particular, en cualquier forma de los terrenos de playa, de las playas, rocas, porciones de agua, fondo de mar, dentro y fuera de las bahías. Adicionalmente, corresponde al Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina, el control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y del mar territorial de la República (D.F.L. N° 340, de 1960).

En la actualidad la planta opera bajo legislación de servicios sanitarios debido que además se abastece de agua el proceso productivo, también abastece de agua potable a la población. Asimismo, el mayor valor del abastecimiento humano no se reconoce en la tarifa de la Concesionaria, pues no es la alternativa más barata al momento de la fijación de precios por la autoridad. No obstante. La empresa minera financia el coste extra y que compensa por el agua disponible para su actividad.

III. Impacto medio ambiental generado por desalinización de agua de mar

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

1. Impactos ambientales descritos

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

- **Vertido de la salmuera en el medio marino costero**

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.

Lo anterior puede impactar directamente la vida de organismos marinos sensibles a los cambios en la salinidad de los ecosistemas. Estudios realizados en zonas del mediterráneo en la flora marina de las zonas costeras 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 como su estructura ecológica. El incremento de la salinidad en el sistema interfiere el metabolismo del nitrógeno y carbono reduciendo la fotosíntesis. 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"¹¹.

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

- **Eliminación de residuos propios de la operación (pre y post tratamiento) incluyendo la mantención del sistema**

Durante la operación, pre y post tratamiento de una planta desaladora, se usan productos químicos como biocidas, antiincrustantes y antiespumantes. Todos deben ser extraídos antes de entrar a las membranas de OI. 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 impacto¹².

- **Contaminación por ruidos ambientales durante la construcción y operación de las plantas desaladoras**

Se generan ruidos 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 membranas¹³.

2. Impacto ambiental indirecto

La desalación de agua marina o salobre requiere un elevado suministro eléctrico durante el proceso. Para una planta tipo de OI el consumo específico de energía viene dado por la cantidad de energía eléctrica consumida para producir un metro cúbico de producto o agua desalada expresado como kWh/m³. Es así, que una planta moderna de OI puede tener un consumo específico de energía de 4,0 kWh/m³, por ejemplo, una producción diaria de 100.000 m³/día requiere 146.000 MWh/año. La planta generadora eléctrica externa que suministre la energía, en el caso de ser térmica y alimentarse por carbón, imite una importante carga de gases de efecto invernadero. Otros estudios que apuntan a la eficiencia energética, con

¹¹ Sadhwani, 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/1gad5> (marzo 2016)

¹² Ibíd.

¹³ Ibíd.

mejoras a nivel de la ingeniería de procesos, se puede llegar a consumir 2,51 kWh/m³ de agua desalada, siendo un consumo teórico físico ideal 1,97 kWh/m³¹⁴.

3. Nueva planta desalinizadora en Israel

Hasta el año 2004 Israel dependía casi completamente de las reservas de acuíferos subterráneos y el agua de lluvia, sin embargo, no era suficiente para hacer frente a la mayor demanda del recurso hídrico. Por lo tanto se echó a andar un plan de construcción de cuatro plantas desalinizadoras. Actualmente, estas plantas representan el 40% del suministro de agua de Israel. Para 2016, cuando entren en funcionamiento más plantas, se espera que el 50% del agua del país provenga de la desalinización¹⁵.

A comienzos del año 2015 Israel puso en pleno funcionamiento la planta desalinizadora más grande y moderna del mundo, que proporciona el 20% del agua que consumen los hogares de todo el país. La nueva instalación fue construida para el Gobierno israelí por Israel *Desalination Enterprises* -también conocida como IDE Technologies-, con un coste de unos 500 millones de dólares. Sin embargo, gracias a una serie de avances en ingeniería en la tecnología de la OI se logra producir agua dulce a partir del agua del mar con menores costos y a una escala que nunca alcanzada¹⁶.

La nueva planta, llamada Sorek y parte de las cuatro instalaciones desalinizadoras, se terminó de construir a finales de 2013, pero recién el 2016 se alcanzará su plena capacidad de producción de 627.000 metros cúbicos de agua diarios, demostrando que las "instalaciones desalinizadoras a esta escala sí son prácticas"¹⁷.

¹⁴ El consumo de energía en la desalación de agua de mar por ósmosis inversa: situación actual y perspectivas, 2007. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). Ingeniería civil N° 148. Disponible en: <http://bcn.cl/1qb1u> (marzo 2016).

¹⁵ Talbot, D. (20 de febrero 2015). TR10: Desalinización a gran escala. MIT *Technology Review*. Disponible en: <http://bcn.cl/1uui9> (marzo 2016).

¹⁶ *Ibíd.*

¹⁷ *Ibíd.*