

BOOK REVIEW



Daniel Sánchez Guzmán

*Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada,
Unidad Legaria, Instituto Politécnico Nacional.
Legaria, 694. Col. Irrigación, Del. Miguel Hidalgo, CP 11500, México D. F.*

E-mail: dsanchezgm@gmail.com

(Recibido el 3 de Enero de 2010; aceptado el 15 Marzo de 2010)

Desalación de Aguas: Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos

Prof. José A. Ibañez Mengual (Coordinador)

645 pp., editado por Instituto Euromediterráneo del Agua,
Carretera de Monteagudo, Km 3, 30160 Murcia, España
ISBN 978-84-936326-6-3

I. INTRODUCCIÓN

El libro: “Desalación de Aguas: Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos”, Editado por el Instituto Euromediterráneo del Agua y muy bien coordinado por el Prof. José A. Ibañez Mengual nos muestra aspectos sumamente importantes y relevantes, dada la situación actual del mundo globalizado, en donde cada vez hace más falta este valioso líquido, ya hace varios años se ha venido vislumbrando que las guerras en un futuro no muy lejano, no serán por el petróleo sino por el agua, elemento imprescindible para la vida humana. La demanda de agua en el mundo, adecuada a diferentes fines, está en plena expansión.

El libro nos presenta que afortunadamente, hace años que es posible técnica y económicamente viable, producir grandes cantidades de agua de excelente calidad, mediante los procesos de desalación, por lo que las diferentes tecnologías de desalación juegan hoy día y lo seguirán haciendo en el futuro inmediato, un papel esencial. No obstante, el desafío se sigue planteando en términos de aumentar el suministro y abaratar más los costes, para hacer así que el agua desalada sea accesible a precios asumibles, en entornos de recursos económicos limitados y muy especialmente para la agricultura moderna. Por todos estos motivos, el estudio de los procesos de desalación de aguas, tanto marinas como salobres e incluso de las procedentes de vertidos industriales y urbanos, es un campo en expansión y no sólo en lo que a los aspectos tecnológicos se refiere, sino también en cuanto al impacto medioambiental de los procesos desalinizadores y a su reglamentación administrativa y jurídica. Y eso es a lo que este libro nos invita, a reflexionar y a ubicar en todos los aspectos posibles, tanto sociales, ambientales, jurídicos y tecnológicos la desalación de este vital líquido.

Se puede ver en la lectura que las tecnologías de desalación se agrupan fundamentalmente en torno a dos orientaciones: una de desarrollo anterior, que alberga los procesos que implican cambios de fase, principalmente

evaporativos y otra de desarrollo más reciente, que requiere la utilización de membranas. Los procesos de membranas, principalmente la osmosis inversa, han experimentado en los últimos años un rapidísimo crecimiento y siguen en expansión. Los costes de producción siguen bajando, mientras que la eficacia productiva sigue aumentando. Ahora bien, el desarrollo futuro tiene que orientarse ya no sólo a la mejora de los aspectos técnicos meramente productivos, sino que también será preciso desarrollar otras facetas tendentes a reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente y en este sentido, las tecnologías de desalación son ya, sin duda, una herramienta importantísima para reducir la contaminación de las aguas residuales.

La presente obra tiene por objeto primordial proporcionar al lector conocimientos que le permitan comprender los procesos de desalación, mostrando los principios básicos que los gobiernan, a la vez que aportando información sobre el impacto medioambiental de los mismos, así como sobre aspectos jurídicos y de análisis de costes.

El libro ha sido confeccionado por encargo de la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, con la financiación de un proyecto concedido por el mismo, en el que han participado una quincena de colaboradores, tanto del mundo universitario como del empresarial, y se dirige a cuantas personas preocupadas con el problema del agua, deseen conocer con cierta profundidad los procesos de desalación y sus implicaciones.

El contenido se puede agrupar en tres bloques: por un lado, el constituido por los Capítulos 1 y 2, que abordan aspectos de carácter general, por otro lado los Capítulos 3, 4, 5 y 7, que tratan de los procesos de membrana, los Capítulos 6, 8, 9, 10, 11, 12 y 13 que consideran los procesos energéticos, los Capítulos 14 y 15 que tratan sobre aspectos medioambientales y de calidad y los Capítulos 16 y 17 que consideran el análisis de costes y jurisprudencia.

El Capítulo 1 expone la situación presente y su proyección futura de los procesos de desalación. El Capítulo 2 es una introducción general a los procesos con membranas. En él se definen y clasifican los distintos tipos de membranas y módulos, y se contempla especialmente, los procesos dirigidos por presión y en particular la osmosis inversa (OI), así como aquellos cuya fuerza generalizada es un campo eléctrico, o sea la electrodiálisis (ED), y que serán objeto de estudio más extenso en Capítulos siguientes.

Los Capítulos 3, 4 y 5 tratan exclusivamente aspectos relacionados con los procesos de desalación con membranas. El primero contempla la naturaleza y propiedades de las membranas intercambiadoras utilizadas en los procesos ED y aborda aspectos teóricos relacionados con la misma, incluida la polarización, aparte de contemplar diferentes consideraciones prácticas sobre el proceso, incluidos tipos de operación y sistemas de alta recuperación. El Capítulo 4 retoma el tema de los procesos OI introducido en el segundo capítulo, desarrollándolo con más amplitud, tanto en lo relativo a las membranas utilizadas en ellos, como en lo que respecta a los módulos, así como se consideran aspectos básicos concernientes al diseño y operación de plantas. En cuanto al Capítulo 5, éste se dedica a energética de las plantas de OI, tanto en lo relativo a los equipos de bombeo como en lo concerniente a la recuperación de energía de las salmueras.

El Capítulo 6 analiza la desalación de aguas desde la perspectiva de las energías renovables, comparando los desarrollos más interesantes con energías alternativas, solar y eólica fundamentalmente. El Capítulo 7 aborda los métodos de pretratamiento del agua de alimentación para plantas OI, contemplando como requisito previo la caracterización fisicoquímica de la misma, lo que incluye la determinación de los índices predictivos de los ensuciamientos coloidal y cristalino de las membranas; así mismo, se describen los procedimientos de limpieza de éstas y el postratamiento del agua producto. El Capítulo 8 contempla la utilización de las aguas desaladas como solución al abastecimiento agrícola, considerando su calidad para la posterior utilización agronómica.

El Capítulo 9 considera los procesos térmicos, combinados con otras tecnologías, para la producción de agua desalada. El Capítulo 10 trata de la potabilización convencional del agua, desde su captación superficial hasta su consumo.

El Capítulo 11 considera todos los aspectos más relevantes sobre la captación de aguas, tanto subterráneas como de mar, mediante pozos. El Capítulo 12 considera el déficit de agua con una perspectiva más amplia, tratando los casos del mismo en la región del Mediterráneo.

El Capítulo 13 trata sobre el impacto ambiental que los procesos de desalación ocasionan fundamentalmente en el medio natural. El Capítulo 14 contempla los aspectos que, desde el punto de vista jurídico, involucran a los procesos de desalación. En el Capítulo 15, se discuten aspectos económicos relativos a costes de inversión, operación y mantenimiento para los procesos de osmosis inversa. Finalmente en el Capítulo 16, se revisa la historia reciente de la desalación de aguas marinas mediante osmosis

inversa en la cuenca del Segura. De estos capítulos se pueden considerar los siguientes apartados como relevantes para el lector interesado en este tipo de proyectos y soluciones.

II. SITUACIÓN ACTUAL DE LA DESALACIÓN

En el libro se presenta de manera muy clara cuál es la situación actual de este proceso, en principio las plantas desaladoras de basaron en procesos de evaporación térmica de agua salina que buscaban reproducir el ciclo hidrológico natural. A día de hoy, alrededor del 40% de la capacidad desaladora instalada en el mundo, se basa en estos procesos. A principios de los años 70 del pasado siglo, se inició el desarrollo de plantas desaladoras basadas en tecnologías de membrana, concretamente la osmosis inversa y la electrodiálisis, que unen a su potencial desalador, la capacidad de eliminar microorganismos y muchos contaminantes orgánicos. Requieren así mismo, unos costes de inversión y mantenimiento muy por debajo de los sistemas térmicos, aunque por el contrario estos últimos producen agua con mucho menor contenido salino que aquellos (25 ppm vs 300 ppm).

Las primeras instalaciones desaladoras se construyen al principio de los años cincuenta. Los precios bajos de los combustibles fósiles marcan la tendencia en el desarrollo de las primeras plantas desaladoras, todas ellas de evaporación. Se trataba de instalaciones de gran consumo energético, aunque relativamente baratas en cuanto a su instalación. El incremento de la capacidad instalada hasta 1970 es muy bajo, siendo el total a finales de este año de 1,700,000 m³/día.

En los años 73-74 se inicia una tendencia al alza en la instalación de este tipo de plantas, en buena parte motivada por la crisis del petróleo de 1973. Al ser nacionalizados los pozos petrolíferos e iniciarse una subida generalizada en el precio del crudo, se produce una acumulación de capital en los países de la OPEP, que a su vez inician un proceso de inversiones en plantas desaladoras de agua de mar para paliar la escasez de este recurso, y una optimización del diseño de los evaporadores para obtener mejores rendimientos y abaratar el agua. Se busca el mínimo coste, que será el mínimo de la suma de inversión y explotación. De esta forma, se llega a crear núcleos urbanos entorno a las plantas, fijando población nómada. La disponibilidad de recursos hídricos, procedentes de la desalación del agua de mar, tanto para abastecimiento como para la industria e incluso alguna agricultura, contribuyó a iniciar la industrialización y modernización de éstas zonas.

Este proceso de avance de la capacidad instalada sigue hasta mediados de los años ochenta. Es el momento en que se produce otra nueva crisis del petróleo que, en este caso, opera al revés de la anterior en cuanto al crecimiento de la capacidad contratada. Los países más industrializados abren un camino de diversificación de fuentes energéticas (gas, carbón, nuclear) a la vez que se sigue avanzando en la rebaja de los consumos de energía. Esto genera una

Daniel Sánchez

menor demanda de crudo, que repercute en la disminución de las inversiones en desalación durante los años 86 a 88. La crisis de estos años obligó a los países de la OPEP a establecer cuotas de producción como única forma de evitar una caída incontrolada del precio del crudo. La Guerra del Golfo en el año 1990, y las consecuencias económicas para Kuwait y Arabia Saudita, se ven reflejadas en la disminución de contratos en los años 1994 y 1995.

En enero de 2005 había instaladas o contratadas en el mundo más de 10000 plantas desaladoras con una capacidad nominal superior a los 100 m³/día, con una capacidad de producción total de agua tratada en torno a los 36 millones m³/día, o lo que es lo mismo, algo más de 13,000 Hm³/año, lo que supone un aumento de un 37% respecto de ésta misma capacidad correspondiente al año 2000, es decir, con un crecimiento anual superior al 7%. En cualquier caso lo cierto es que la capacidad real a fecha de 2005 debería ser algo menor que la anteriormente aportada, dado que ésta incorpora la capacidad correspondiente a plantas en construcción en aquel momento.

De acuerdo con los informes emitidos por la *Internacional Desalination Association (IDA)*, el crecimiento mundial del empleo de tecnologías de desalación para producir agua dulce creció de forma muy acelerada durante el año 2008 y según su anuario, edición 2008-2009, la capacidad total planificada y contratada creció en 2007 un 43% con relación al año anterior, o lo que es lo mismo, 6.8 millones de metros cúbicos por día, frente a los 4.7 millones del 2006, basándose exclusivamente en mejoras tecnológicas. Será necesario reducciones en los costes energéticos y aún así, no será fácil alcanzar la reducción citada a corto plazo, sin olvidar los factores de escala y de índole medioambiental antes citados.

III. EL FUTURO DE LA DESALACIÓN

Se puede observar en el libro que la tendencia a nivel mundial viene condicionada por lo que hagan los Países del Golfo. En la actualidad y debido a las consecuencias de la llamada Guerra del Golfo, así como a la inestabilidad en la zona, las economías de esos países se están viendo afectadas, por lo que el criterio de obtener agua a precios menores está siendo considerado. Este hecho, junto con que los procesos de evaporación requieren de su acoplamiento con una central térmica, que genere el calor necesario para destilar el agua, ha conducido a una situación de desequilibrio entre la oferta de energía eléctrica y la demanda de la misma, dándose una sobrecapacidad en la potencia instalada frente a la demandada. Esto a su vez, conduce a que las plantas desaladoras por evaporación no puedan ponerse al 100% de producción, cuando la potencia de la turbina baja de determinado tanto por ciento.

Como ya se ha dicho, la solución a todas estas situaciones viene de la mano de las plantas de osmosis inversa. Por una parte, producen agua a menor coste y por

otra, al ser consumidoras de energía eléctrica equilibra la oferta y la demanda, mejorando el factor de producción de las centrales ya existentes. Por esta causa se ha visto que los últimos grandes concursos de desaladoras en los Países del Golfo han sido al 50% de procesos de destilación y 50% de osmosis inversa. En conclusión, es de esperar que en los próximos años la mayoría de las instalaciones desaladoras en el mundo, se apoyen en este tipo de procesos.

Por ello, es de esperar que la Región del Golfo continuará siendo el mayor mercado para la desalación, debido al crecimiento poblacional y al necesario reemplazo de plantas desaladoras obsoletas. Así, se puede prever que se duplicará su capacidad desaladora en el año 2015. En cuanto a la Región del Mediterráneo, continuará con su proyección expansiva actual, mientras que la Región Asiática tiene grandes expectativas de crecimiento, debido a su enorme aumento de población y elevado crecimiento económico.

La capacidad de desalación de aguas en Europa, está concentrada en su mayor parte en la zona Mediterránea, principalmente en España e Italia, donde se emplea fundamentalmente para el abastecimiento a regiones con recursos hídricos limitados, que han sufrido un incremento enorme de la demanda, tanto por parte de la agricultura como del turismo.

El anuario *IDA 2008-2009* indica para la actualidad un gran número de plantas desaladoras de gran capacidad en construcción. Hoy día la mayor instalación en operación, posee una capacidad de 456,000 metros cúbicos día, ubicada en los Emiratos Árabes Unidos, habiendo 5 plantas en construcción con capacidad superior a los 500,000 metros cúbicos día, todas ellas en la región de Oriente Medio; la mayor de ellas es de 880,000 metros cúbicos día en Saudí Arabia.

IV. COMPONENTES EN LA DESALINIZACIÓN DEL AGUA

Un hecho importante en la industria de la desalinización que emplea agua de mar como materia prima para la obtención de agua dulce para uso y consumo humano se encuentra en la actualidad en clara expansión como alternativa a la escasez de agua. Son varios los factores que hacen que cada vez el agua dulce como recurso natural limitado, presente mayores problemas de escasez. De entre estos, destacan el crecimiento demográfico a escala global acompañado de una mejora en la calidad de vida que aumentan las demandas de agua y a su vez la contaminación de los recursos hídricos. Se suman a estos otros factores como el suministro limitado de agua, el cambio climático y las intervenciones humanas que reducen la disponibilidad de este recurso.

Los procesos comerciales de desalinización disponibles se dividen en dos categorías principales: termal y de membranas. El proceso más extendido de desalinización en el mediterráneo español es el de membrana por osmosis inversa. El libro principalmente se centra en el impacto

ambiental de las plantas desalinizadoras por osmosis inversas, aunque la mayor parte de los aspectos ambientales de estas desalinizadoras puede aplicarse a otros procesos de desalinización. La osmosis inversa es un proceso de separación con membrana en el cual el agua se separa de una solución salina sometida a presión de sus solutos fluyendo a través de la membrana. En la práctica el agua salina se bombea a un recipiente cerrado donde se presuriza contra la membrana. En este proceso el agua de entrada incrementa de salinidad. Esta agua de entrada debe descartarse ya que si se mantiene sin renovar, el agua de entrada progresivamente incrementaría la concentración de sales. El agua de entrada podría saturarse de sales, lo que podría ocasionar problemas de precipitación en la membrana. Un sistema de osmosis inversa se compone de los siguientes componentes:

- Pretratamiento
- Bombas de alta presión
- Ensamblaje de membranas
- Postratamiento

El libro describe a detalle cada uno de los componentes antes descritos, dando una idea más clara de cómo se opera cada componente y mencionando tanto los puntos de oportunidad como las experiencias obtenidas.

V. IMPACTOS AMBIENTALES

Un punto importante al respecto tiene que ver con los impactos ambientales que serán las consecuencias de incrementar la capacidad de metros cúbicos tratados. Al igual que ocurre con tantas otras actividades que el ser humano desarrolla para la obtención de recursos naturales, la industria de la desalinización, que pretende asegurar la disponibilidad futura de agua dulce, ocasiona efectos adversos en el medio natural. Una forma de visualizar los posibles impactos de la desalinización es la realización de un modelo conceptual de los flujos implicados en el proceso. Por lo general se consideran tres entradas principales en el proceso de desalinización: energía, agua de mar y utilización del territorio. Las características de interés de estas entradas son la proporción de fuentes energía renovable y no renovable, la salinidad y la proximidad a la línea de costa respectivamente. Los flujos de salidas son agua dulce, gases con efecto invernadero, salmuera e infraestructuras.

Los estudios ambientales (estudio de impacto ambiental, pre y post-operacional) están definidos por las autoridades locales competentes en medio ambiente. El procedimiento general de Estudio de Impacto Ambiental para plantas desalinizadoras implica cinco pasos básicos (según el procedimiento general que recomienda la UNEP):

1. Recolección de información anterior y revisión de la legislación existente. Este paso considera que el conocimiento de casos análogos puede ser utilizado para reducir la duración y costes de los estudios de impacto ambiental.

2. Investigación del proyecto y el lugar seleccionado, incluyendo el medio natural, el escenario socio-económico y posibles alternativas al diseño del proceso propuesto y localización.

3. Identificación y valoración de los impactos potenciales en la calidad del medio ambiente como consecuencia de la implantación del proyecto mediante:

4. Recomendación de alternativas o medidas de mitigación para cada componente que puede ocasionar efectos adversos con el propósito de reducir el impacto general de la planta desalinizadora. Uno de los mecanismos de mitigación del impacto ambiental básico es seleccionar un área de vertido con la comunidad menos sensible y de menor valor ambiental.

5. Establecimiento de un programa de seguimiento ambiental, tanto para la fase de construcción como para la fase de funcionamiento para verificar si las predicciones hechas en el Estudio de Impacto Ambiental han sido correctas y para recoger más información de los efectos. Los requerimientos del monitoreo deben ser especificados por la autoridad competente que aprueba el Estudio de Impacto Ambiental y autoriza la construcción y funcionamiento de la planta.

Los principales impactos ambientales de las plantas desalinizadoras se resumen a continuación:

1. *Efecto en el uso del suelo.* Las desalinizadoras se localizan cerca de la frágil línea de costa. El uso recreativo o turístico queda sustituido por un proceso industrial.

2. *Impacto en los acuíferos.* Si la planta desalinizadora se construye en el interior para evitar interferir con el uso del litoral es necesaria la utilización de tuberías para conducir el agua de mar y la salmuera resultante. Las fugas de estas conducciones pueden suponer la entrada de sal en los acuíferos. Además la perforación de pozos para obtener agua salobre puede poner suponer una intrusión marina en los acuíferos.

3. *Impacto del ruido.* Las plantas desalinizadoras utilizan bombas de alta presión en el proceso y turbinas para recuperar la energía, lo que produce ruido.

4. *Alto consumo energético.* El alto consumo eléctrico tiene un efecto indirecto tanto en el medio ambiente localmente próximo a la planta como a escala internacional con su contribución al incremento de emisiones de gases con efecto invernadero.

5. *Impacto en el medio marino.* Aunque las aguas vertidas contienen sales originarias del mar retornan al medio marino con mayor concentración, densidad, temperatura y la presencia potencial de productos químicos utilizados en el pretratamiento. La instalación de las conducciones para la toma de agua y vertido de la salmuera puede ser en sí misma peligrosa. La instalación de estas tuberías puede ocasionar la re-suspensión del sedimento y modificación de la dinámica costera, sofocando o sepultando a comunidades bentónicas sensibles a los cambios de sedimentación.

6. *Impacto social.* La disposición de agua dulce en áreas con escasez permite el crecimiento de la población y nuevos usos del territorio. Se produce un desequilibrio entre la disponibilidad de agua y sus usos debido a la importación de actividades propias de zonas sin escasez de

Daniel Sánchez
agua.

Se puede ver de los puntos anteriores que la mayoría de los temas son abordados, descritos y relatan la experiencia vivida al respecto, nos dan una visión más amplia de lo que pasa en este proceso y cómo podemos contribuir al desarrollo o implementación de este tipo de proyectos.

VI. CONCLUSIONES

El libro trata de cubrir todo el conocimiento alrededor de la desalación de aguas, es un libro que contiene mucha información relevante para aquella persona o grupos de

investigación interesados en el tema, una característica particular son los diagramas de proceso y las imágenes que permiten ver aspectos internos de la planta y dar un panorama más amplio al lector. También presenta el impacto ambiental en el que pueden incurrir las plantas de desalación, así como el marco jurídico sobre el cual se encuentra en la actualidad, en el caso particular del libro es el marco legislativo español el que se encarga de regular este tipo de proyectos y aplicaciones. Se recomienda ampliamente el tema tanto a personas especializadas como a personas que no saben mucho del tema pero que tienen el interés o la curiosidad de saber cómo funciona este tipo de plantas.