

# ¿Hasta qué punto es alternativa la desalación?

Javier Uche y Antonio Valero

Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE).  
Universidad de Zaragoza (UZ).

## Abstract

Las tecnologías de desalación y reutilización modifican la calidad del agua en función del uso final requerido para ellas. En el caso de desalar agua marina para consumo urbano, constituye una estrategia de incremento de oferta, que debería sólo considerarse como solución local en el caso de no haber otras alternativas de contención de la demanda. Pero sin embargo las técnicas de reutilización mejoran la calidad del agua tras el uso urbano y constituyen una política incluida dentro de la gestión de la demanda.

Cuando se comparan desalación y trasvase del Plan Hidrológico Nacional, nos referimos a dos alternativas de incremento de la oferta hídrica. Comparar por lo tanto la posibilidad de instalar desaladoras hasta el volumen de detracción propuesto en el trasvase sería asumir que no hay otras opciones previas que puedan reducir esta dotación prevista en el trasvase. Por lo tanto debe analizarse como alternativa localizada en unidades de demanda donde se han aplicado previamente todas las medidas existentes para reducir al máximo el consumo de la unidad; en estos supuestos la desalación se convierte en una alternativa real en base a su mejor adaptabilidad y modularidad, menor coste en muchos casos, menor impacto ambiental global y mayor fiabilidad con respecto a las condiciones ambientales.

## 1. Introducción

Las tecnologías de membranas, ampliamente utilizadas en nuestro país para aumentar la calidad de un agua sin las condiciones adecuadas para su uso, queda enmarcada dentro de una política de incremento de oferta en el caso de usar como recurso externo el agua de mar y convertirla en agua apta para el consumo humano. Por el contrario, el agua depurada tras el consumo urbano puede regenerarse con tecnologías de reutilización (membranas con diferente capacidad selectiva y presión de aplicación que las de agua de mar) y volverse a utilizar en usos menos exigentes, con lo que constituye un mejor aprovechamiento del recurso disponible y por lo tanto enmarcar dicha tecnología dentro de las políticas de gestión de la demanda. Una desaladora salobre que extraiga aguas de un acuífero salino no sobreexplotado y gestione correctamente los vertidos de la salmuera producida también puede considerarse una adecuada gestión de la demanda.

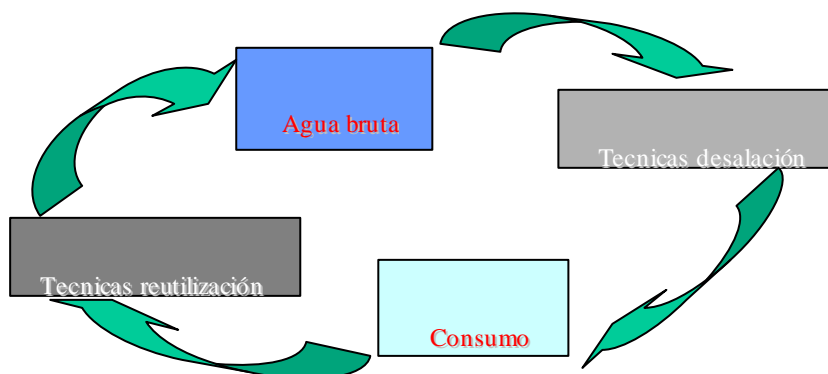


Figura 1. Ciclo del agua y papel de las tecnologías de desalación y reutilización.

Cuando se quiere comparar la desalación de agua marina como alternativa al trasvase del Ebro, se están comparando dos alternativas que suponen un incremento de la oferta disponible en un valor estipulado en el PHN. Intentar comparar si es conveniente trasvasar en destino 1.000 hm<sup>3</sup> anuales o desalar el mismo volumen del mar es asumir que todas opciones de reducir la demanda existente, es decir:

- ?? Gestionar la demanda agrícola, con programas masivos de modernización de conducciones y de los sistemas de riego en los cultivos de regadío.
- ?? Gestionar la demanda urbana, con la minimización de pérdidas de las redes y programas de sensibilización de la población que incluyan dispositivos de ahorro. Reutilizar al máximo los efluentes secundarios de las depuradoras para usos de menor calidad en la propia ciudad.
- ?? Gestionar adecuadamente las aguas subterráneas, con utilización real de los mercados de aguas.

no pueden reducir dicho volumen estipulado. Técnicamente sería posible desalar tal cantidad de agua, pero sería totalmente irracional desde el punto de vista económico y medioambiental. La desalación siempre debe plantearse como una alternativa local gracias a un recurso externo (agua de mar) en comarcas con claro desequilibrio actual entre sus recursos y demandas urbana, industrial y agrícola; en este caso y sólo en este se convierte en una opción más ventajosa que un trasvase de esta envergadura por las razones que se expondrán a lo largo de la ponencia. No obstante, no se eluden los problemas que acarrearán dichas tecnologías y la preocupación ante la instalación masiva de plantas desaladoras, la mayoría de ellas basadas en la rentabilidad económica de las actividades generadas con su disponibilidad de uso.

## 2. Técnicas de desalación

Aunque en España sólo se conozca la desalación por Ósmosis Inversa (OI) como la única tecnología disponible, hay más de una decena de procesos diferentes que pueden obtener agua desalada en condiciones aceptables para el consumo humano. Sin embargo, sólo hay cinco procesos que pueden considerarse actualmente maduros para una producción considerable, ellos se muestran en la siguiente tabla. Desgraciadamente, la utilización de energías renovables en procesos como la destilación solar o el acoplamiento de aerogeneradores a unidades de OI supone un gasto excesivo y/o una producción ínfima todavía.

Parámetro	MSF	MED-TVC	CV	OI	ED
Consumo energético primario (kJ/kg)	>200	150-200	100-150	<80	<30
Consumo eléctrico (kWh/m <sup>3</sup> )	3.5	1.5	8-14	<b>3-6</b>	1.0
Calidad producto (ppm)	< 50	< 50	< 50	< 500	< 500
Capacidad producción por unidad (m <sup>3</sup> /día)	5.000-60.000	100-20.000	10-2.500	1-10.000	1-12.000
Coste instalaciones	alto	alto/medio	alto	<b>medio</b>	medio
Posibilidad ampliación	difícil	difícil	difícil	fácil	fácil
Fiabilidad de operación	Alta	Media	baja	<b>alta</b>	alta
Desalación agua de mar	sí	sí	sí	<b>sí</b>	no

Tabla 1. Métodos de desalación de producción alta.

El bajo precio de la energía eléctrica frente al de los combustibles fósiles en nuestro país (consumidos por las tecnologías de múltiple efecto MED-TVC, compresión de vapor CV y destilación flash MSF), la aparición de los sistemas de recuperación de energía de la salmuera, y el abaratamiento y mejora de las capacidades de las membranas, ha supuesto que la OI sea la única tecnología aplicada actualmente en España, aunque la

electrodialisis (ED) también puede competir con la OI para aguas salobres de bajo contenido salino (< 2.000 mg/l de sal).

Los costes actuales de la desalación de aguas de mar dependen principalmente del tamaño de la planta, de las características y la toma del agua a desalar, y del destino final del agua desalada. La siguiente tabla muestra el abanico de costes posibles para las instalaciones de agua de mar por OI, teniendo en cuenta que los valores más bajos siempre suelen ser de plantas grandes (> 50.000 m<sup>3</sup>/día de capacidad).

Costes	(pta/m <sup>3</sup> )	(€/m <sup>3</sup> )
Amortización	21-41	0,13-0,25
Energía	35-55	0,21-0,33
Personal y mantenimiento	7-31	0,04-0,19
Aditivos químicos	2-10	0,01-0,06
Reposición membranas	3-6	0,02-0,04
<b>TOTAL</b>	<b>68-143</b>	<b>0,41-0,86</b>

Tabla 2. Desagregación de costes de producción de agua de mar desalada por OI.

Dichos valores coinciden con los de los costes de las adjudicaciones de 3 grandes plantas en el sur de nuestro país. En ambas tablas, la amortización de la planta se considera con un 20% del presupuesto en obra civil (a 30 años) y el resto, el equipamiento, amortizado en 15 años.

	EDAM Almería	EDAM Cartagena	EDAM Carboneras
Capacidad (m <sup>3</sup> /d)	50.000	65.000	120.000
Coste amortización	26,04	20,97	24,45
Total explotación	58,75	54,26	47,93
<b>TOTAL</b>	<b>84,8/0,51</b>	<b>75,2/0,45</b>	<b>73,4/0,44</b>

Tabla 3. Costes de grandes plantas adjudicadas recientemente [1].

Si hablamos de desalación de aguas salobres de acuíferos salinos, los costes bajan considerablemente ya que la inversión necesaria es menor y la presión a aplicar también se reduce (es función de la salinidad a reducir). Las tecnologías de electrodialisis también entran en este mercado, tal y como aparece en la tabla 4.

Proceso	Coste (ptas/m <sup>3</sup> )	Coste (€/m <sup>3</sup> )
OI	26-61	0,15-0,37
ED	27-50	0,16-0,30

Tabla 4. Costes de desalación de aguas salobres.

La desalación de aguas de mar tiene impacto ambiental, que no debe obviarse, pero a nuestro modo de ver es menor que una obra permanente del tamaño del trasvase (los costes medioambientales de su construcción se imputarían desde la construcción de los canales del trasvase, al contrario que la desaladora que es una tecnología cuyos costes

medioambientales se imputan gradualmente a lo largo del funcionamiento de la instalación). Las plantas actuales consumen alrededor de 4 kWh/m<sup>3</sup> si se desala agua marina, y alrededor de la tercera parte con aguas salobres. Ello implica una generación de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> en las plantas de producción de esa energía eléctrica necesaria, y es alrededor del doble del consumo de bombeo del trasvase propuesto en el PHN. Otra afección significativa son los vertidos de salmuera (agua del mar más concentrada que se obtiene como producto al liberar el contenido salino en el agua para el consumo) sobre la flora y fauna de la costa mediterránea en especial, ya que cuenta con especies endémicas protegidas por la Comunidad Europea (tales como la fanerógama marina *Posidonia Oceánica*) y por lo tanto son necesarias medidas correctoras para minimizar dicho efecto. Finalmente, el impacto visual y acústico también deben considerarse en menor medida.

La desalación de aguas salobres debe evitar sobreexplotar el acuífero donde se extrae y tomar medidas correctoras del rechazo obtenido para evitar vertirlo de nuevo de forma directa o indirecta al acuífero o cauces cercanos.

### 3. ¿Es mejor opción la desalación que el trasvase?

Considerando las argumentaciones del apartado introductorio, un trasvase y la desalación son dos recursos externos de diferente naturaleza. Comparándolos y ciñéndonos a este Trasvase del Ebro, podemos decir que:

La desalación es una tecnología más fiable (además una planta desaladora es relativamente simple) ya que no depende de las incertidumbres climáticas que tiene asociado un trasvase en áreas de irregularidad pluviométrica como las mediterráneas. Como prueba vale una gráfica del propio Plan Hidrológico Nacional que se muestra a continuación, mostrando los posibles fallos del sistema ante una detracción de 1.050 hm<sup>3</sup>.

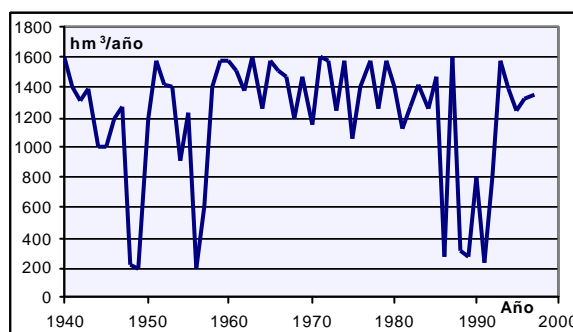


Figura 2. Serie histórica de caudales derivables del Bajo Ebro [2].

Al ser una alternativa local, está en mayor consonancia con la Directiva Marco del Agua, ya que permite un acercamiento mayor al principio de recuperación de costes y de gestión independiente de las cuencas hidrográficas, además de no provocar tensiones sociales ni desequilibrios territoriales.

En cuanto a que opción es económicamente más viable, hay que señalar que las tecnologías de desalación son muy jóvenes todavía (algo más de 30 años para la OI, ver Figura 3), y por lo tanto es una tecnología cuyos costes han decrecido desde su nacimiento, al contrario que las obras hidráulicas mucho más maduras y de costes más fácilmente desviados. Aplicando un análisis de costes localizado del trasvase y comparándolo con las tecnologías de desalación para grandes plantas, el límite

meridional (desde su origen) de la rentabilidad del mismo frente a la desalación está en la Comunidad Murciana, justamente donde la rentabilidad agrícola es menor y no podría soportar los costes del trasvase [3].

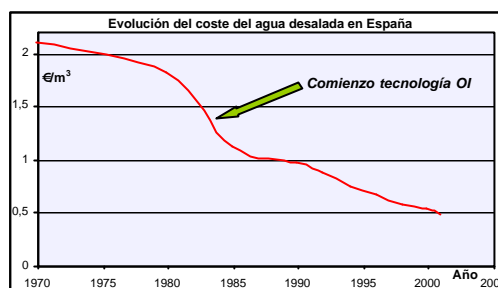


Figura 3. Evolución de los costes del agua desalada en España [4].

El PHN no trata adecuadamente la desalación porque la evalúa por encima de los costes reales (100 ptas/m<sup>3</sup>, ya que parte de desaladoras de tamaño medio de 10.000 m<sup>3</sup>/día) y le incluye un coste de transporte excesivo hacia el interior de la Península, ya que la desalación la plantea de forma simplista como alternativa del 100% de volúmenes trasvasados [5]. En consecuencia le asigna un coste medio de 135 ptas/m<sup>3</sup> [6] suficiente para desestimar la desalación como alternativa al trasvase (de coste medio 52 ptas/ m<sup>3</sup>) y además mejorar ostensiblemente el análisis coste-beneficio del trasvase, al considerar dicho valor como coste de oportunidad.

Finalmente, otra ventaja clara de la desalación es su mejor adaptabilidad a las necesidades locales, ya que su modularidad y su rapidez de instalación frente a una obra hidráulica de esta magnitud son claramente superiores. Sin embargo, esto puede suponer un arma de doble filo, en el sentido que la instalación de plantas desaladoras está superando las previsiones del PHN y de los planes de cuenca correspondientes (por ejemplo en la Cuenca del Segura se estiman 40 hm<sup>3</sup> para todos los horizontes de planificación [7] que serán superados en breve) gracias a la rentabilidad de la agricultura intensiva del Sureste y la desconfianza ante la llegada pronta del Trásvase. Las tablas siguientes confrontadas con la figura de las previsiones oficiales demuestran el desfase existentes.

Agua de mar	Usos urbanos	148,7 hm <sup>3</sup> /año	171,5 hm <sup>3</sup> /año
	Usos agrícolas	18,9 hm <sup>3</sup> /año	
	Usos industriales	3,9 hm <sup>3</sup> /año	
Agua salobre	Usos urbanos	75,4 hm <sup>3</sup> /año	220,3 hm <sup>3</sup> /año
	Usos agrícolas	78,9 hm <sup>3</sup> /año	
	Usos industriales	66,0 hm <sup>3</sup> /año	
TOTAL			391,8 hm <sup>3</sup> /año
Agua de mar	Usos urbanos	107,4 hm <sup>3</sup> /año	201,9 hm <sup>3</sup> /año
	Usos agrícolas	94,5 hm <sup>3</sup> /año	
Agua salobre	Usos urbanos	25 hm <sup>3</sup> /año	79 hm <sup>3</sup> /año
	Usos agrícolas	20 hm <sup>3</sup> /año	
	Usos industriales	34 hm <sup>3</sup> /año	
TOTAL			280,9 hm <sup>3</sup> /año

Tabla 5. Capacidad instalada hasta el año 2000 y en el período 2000-2003 en nuestro país desglosada por sectores [4].

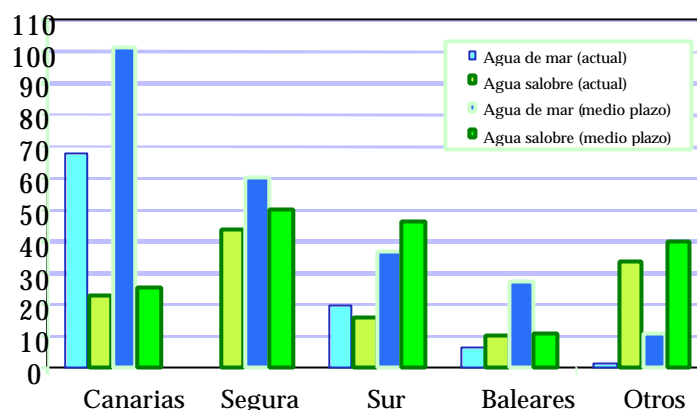


Figura 4. Volúmenes de actuación actuales y previsibles a corto y medio plazo por ámbitos ( $\text{hm}^3/\text{año}$ ). En total unos  $400 \text{ hm}^3$  anuales [8].

En el caso de que llegue el trasvase y se mantengan las dotaciones asignadas inicialmente, se producirá un claro incremento de oferta con las desaladoras instaladas anteriormente a la llegada de agua del trasvase. Un ejemplo claro es la provincia de Almería, con las desaladoras de Almería ( $50.000 \text{ m}^3/\text{día}$ ) y Carboneras ( $120.000 \text{ m}^3/\text{día}$ , con una ampliación proyectada hasta el doble de su capacidad inicial). En conjunto sumarán alrededor de  $100 \text{ hm}^3$  anuales disponibles antes que los  $95 \text{ hm}^3$  asignados en el Traspase a la provincia.

#### 4. Conclusiones

La desalación es una opción local que permite dotar de recursos de forma menos costosa en las zonas más necesitadas de nuestra geografía. En territorios insulares se asume como única alternativa combinada con la gestión subterránea. En la península y teniendo en mente el PHN, en Almería es la opción clarísima, ya que la lejanía del origen del trasvase encarece demasiado sus costes, el volumen destinado no es excesivo y las demandas se localizan cerca de la costa; sin embargo sólo debería compensar los desequilibrios hídricos actuales sin otros recursos adicionales ya que en caso contrario no se resolverá la situación actual de sobreexplotación existente ni evitará el incremento de demandas agrícola y turística. Sin embargo, en la Cuenca del Segura no es ninguna solución dada la tipología del problema (volumen destinado al trasvase para regularizar la situación actual y localización de acuíferos sobreexplotados) y en la del Júcar sólo es puntualmente analizable para abastecimiento urbano-turístico en la provincia de Alicante.

#### Referencias

- [1] Garcia, J. L. (2001). *Costes de tratamientos no convencionales en grandes instalaciones*. II Congreso AEDyR, 21-22 de Noviembre de 2001, Alicante.
- [2] Ministerio de Medio Ambiente (2000). *Anteproyecto del PHN, volumen de Análisis de los Sistemas Hidráulicos*. Figura 93a.
- [3] CIRCE-SIA (2002). *Análisis de la rentabilidad del regadío en el Levante a costes reales del trasvase del Ebro*. Informe a requerimiento de la DGA, 2002.
- [4] Medina, J.A. (2002). *Desalination in Spain*. Folleto divulgativo de la Asociación Española de Desalación y reutilización (AEDyR).
- [5] Ministerio de Medio Ambiente (2000). *Libro Blanco del Agua*, Figuras 156 y 157.
- [6] Ministerio de Medio Ambiente (2000). *Anteproyecto del PHN, volumen de Análisis Económicos*. Páginas 113-115.

- [7] Ministerio de Medio Ambiente (1999). *Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura*. Boletín Oficial del Estado (27/08/1999, pp. 31891-31898).
- [8] Menéndez, M. (2000). *Recursos hídricos y usos del agua: el incremento de la oferta*. Seminario de las aguas continentales en los países mediterráneos de la Unión Europea.