

LA DESALACIÓN DE AGUA DE MAR, ¿RECURSO HÍDRICO ALTERNATIVO?

MIGUEL TORRES CORRAL

*Jefe del Área de Calidad de Aguas, Centro de Estudios
y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)*

PRESENTACIÓN

¿Es la desalación de agua de mar un recurso hídrico alternativo?. Hay que contestar a esta pregunta de una forma doble, fruto a su vez de una doble formulación:

¿Es la desalación un recurso hídrico técnicamente alternativo?

¿Es la desalación un recurso hídrico económicamente alternativo?.

A la primera pregunta hay que contestar de forma clara y tajante que sí. La desalación de agua de mar es una tecnología absolutamente dominada, sobre la que no existen dudas para poder encomendar a ella la satisfacción de cualquier déficit hidráulico.

Basado en este enunciado teórico, no ha faltado quien ha imaginado los desiertos convertidos en vergeles, considerando la desalación como la panacea para resolver todos los problemas de falta de agua que padece la humanidad. A título de ejemplo ilustrativo de lo dicho, cabe señalar el proyecto presentado hace algunos años en Francia, consistente en poner en regadío el Sahara, construyendo un canal transaheliano que uniera el Mediterráneo y el Atlántico desde Libia a Mauritania. Toda una serie de desaladoras ubicadas en sus márgenes y activadas por energía solar, servirían para cambiar la faz del Sahara.

Este proyecto megalómano, como otros surgidos posteriormente aunque de concepción diferente, no han pasado de ser ideas más o menos iluminadas, que no han pasado del papel cuando han tropezado con la realidad de las cifras verdaderas de coste. La desalación de agua de mar no necesita estas soluciones de ciencia ficción y sí mucho de la mejora científica y técnica de los procesos actuales o de la búsqueda de otros nuevos. Por tanto, la contestación afirmativa de la primera pregunta será condición necesaria pero no suficiente si no se contesta afirmativamente la segunda.

¿Es la desalación un recurso hídrico económicamente alternativo?. Esta respuesta no puede darse por los técnicos que nos dedicamos a la tecnología de la desalación de agua de mar y salobre. Lo más que podemos hacer es mejorar esta tecnología para rebajar al máximo los costes de la desalación, pero una vez realizada esta labor serán otros agentes de la actividad económica los que podrán evaluar si su actividad (agricultura, industria, abastecimiento urbano, turismo, usos hídricos, etc.) es rentable, aplicando el coste real del agua desalada a su actividad.

Dicho lo anterior diré desde el principio que soy absolutamente contrario a aplicar subvenciones y beneficios cruzados al agua desalada. Esto genera desarrollos ficticios abocados al fracaso y desde luego difícilmente sostenibles. Estos fracasos redundan incluso en un descrédito injusto de la propia tecnología. Por eso creo imprescindible que antes de acometer una operación de desalación como forma de enjugar un déficit hídrico, debe acometerse de forma rigurosa el estudio de viabilidad técnica y económica, para, a partir de él, tomar la decisión.

LOS PROCESOS ACTUALES DE DESALACIÓN

Los fundamentos termodinámicos

Después del recorrido histórico descrito antes, bien está centrarse en la actualidad y en el conocimiento científico que hoy tenemos del efecto de la desalación. El agua pura es muy difícil de encontrar en la tierra. Lo que denominamos agua habitualmente es en realidad una disolución de diversas sales en agua. La concentración de sales mayor o menor es la que dará origen a que denominemos a la disolución de forma distinta: agua dulce, agua salobre, agua salada, salmuera, etc.

Desde el punto de vista termodinámico el efecto físico de la desalación de agua se obtiene aportando a la disolución la energía suficiente para separar las sales que contiene. La cantidad mínima de energía necesaria se puede evaluar siguiendo un camino opuesto al de la desalación, es decir, midiendo la energía desprendida al disolver en agua pura las sales que contiene la disolución. Matemáticamente este desprendimiento energético viene representado por la fórmula:

$$W = R T \ln aA$$

W = Energía desprendida; R = Constante; T = Temperatura absoluta;
ln aA = Logaritmo neperiano de la actividad de las sales en la disolución

El primer miembro representa la energía que se libera y el segundo representa la variación del potencial electroquímico del sistema agua más sales, desde el estado en que éstas se encuentran antes de la disolución y después de la misma. Para el agua de mar de 35.000 ppm, aA, medido experimentalmente, es igual a 0,9773 y la energía mínima para la separación a 25 °C es de 13.60 cal/mol, equivalente a 0.879 kWh/m³. Para agua salobre de 15.000 ppm, la energía mínima resulta ser 0.298 kWh/m³. Puede verse la diferencia en función de la salinidad.

Todos los procesos de desalación se fundamentan en lograr la separación del agua pura, aportando al sistema la energía suficiente, que en un proceso perfectamente reversible coincidiría con la energía mínima antes citada. Cualquiera que sea el proceso a seguir se requiere la misma energía mínima. Unos procesos serán más eficientes que otros si se acercan más o menos a las condiciones límite ideales.

Al analizar la energía mínima necesaria para la desalación en un proceso ideal podría pensarse en la desalación como la panacea para resolver la escasez de agua, ya que el consumo energético teórico es bajo. En la práctica esto no es así, ya que el consumo energético es muy superior (entre 5 y 20 veces superior). Pero de todas formas esta gran diferencia entre el con-

sumo teórico y el real abre grandes expectativas de futuro para rebajar el coste energético, que es el componente principal del coste del agua desalada.

Procesos existentes

Los distintos procesos existentes, se pueden agrupar en dos grandes tipos: **procesos que separan el agua** de la disolución y **procesos que separan los iones salinos**. Dentro de estos dos grandes grupos se puede hacer la siguiente clasificación:

A) *Procesos que separan agua*

a) Destilación:

Destilación solar

Destilación súbita de simple etapa

Destilación en tubos sumergidos

Destilación súbita multietapa

Destilación multiefecto por tubos horizontales

Destilación multiefecto por tubos verticales

Comprensión mecánica de vapor

Termocompresión de vapor

b) Cristalización: Congelación, y Formación de hidratos

c) Filtración: Osmosis inversa

B) *Procesos que separan sales*

a) Filtración selectiva: Electrodiálisis

b) Intercambio: Cambio iónico. Adsorción

Procesos de destilación

Todos ellos se basan en la separación del agua mediante **evaporación** y la **condensación** posterior de dicho vapor. Es el procedimiento seguido en el alambique, con más o menos complejidad. La forma de aportar al ciclo la energía necesaria para lograr el cambio de estado y los sistemas de recuperación del calor latente del vapor al condensarse, diferenciarán unos procesos de otros. En la destilación abierta no se recuperaba este calor. Eran simples alambiques. Posteriormente se fue complicando el proceso hasta llegar a los evaporadores con varias etapas y recirculación de salmuera, que son los utilizados en la actualidad. Los procesos de evaporación en este momento se encuentran casi en su techo de desarrollo tecnológico. En el esfuerzo por disminuir el consumo se ha intentado superar el límite de 120 °C, marcado actualmente por la precipitación de ciertas sales, pero no se ha logrado de forma económica. Por otro lado se está intentando disponer los evaporadores en vertical para mejorar la transferencia de calor y otros parámetros de diseño, pero tampoco se han superado por el momento las dificultades que comporta.

Procesos de cristalización

El proceso de cristalización consiste en separar los cristales de hielo, teóricamente de agua pura, que se forman cuando se rebasa el punto de congelación de las soluciones salinas. Por fusión posterior de los cristales se obtiene el agua dulce. Otro método basado en el mismo principio de la cristalización, consiste en obtener, mediante la adición de hidrocarburos a la solución salina, unos hidratos complejos en forma cristalina, con una relación molécula de hidrocarburo/molécula de agua del orden de 1/18. El rendimiento energético de estos procesos de cristalización es mayor que en los de destilación, pero las dificultades tecnológicas de separación y lavado de los cristales han hecho que no se apliquen industrialmente.

Procesos de filtración: Osmosis inversa

La **ósmosis** inversa es el proceso que separa el agua de la disolución salina mediante filtración realizada a través de membranas semipermeables. Estas membranas tienen un comportamiento distinto frente al transporte a su través de las moléculas de agua y de los iones de la disolución.

Si en un recipiente separamos mediante una membrana semipermeable dos disoluciones de concentraciones distintas y sometidas ambas a la presión atmosférica, se establece un flujo a través de la membrana desde la disolución más diluida a la más concentrada. Este flujo permanecerá hasta que el desnivel de la solución más concentrada iguale a la presión osmótica de la misma. Si sometemos ahora esta disolución más concentrada a una presión superior a su presión osmótica, se producirá un flujo de agua desde ésta hacia la solución más diluida.

La presión necesaria para el proceso depende de la presión osmótica de la disolución y ésta a su vez depende de la concentración de la misma. En el caso del agua de mar hay que trabajar a presiones del orden de 70 kg/cm^2 , dependiendo de la concentración de la salmuera y de otros factores.

Las membranas se fabrican en dos tipos de materiales distintos: acetatos de celulosa y poliamidas aromáticas. Posteriormente se conforman en dos tipos de estructura distinta: arrollamiento espiral o fibra hueca. La ósmosis inversa es actualmente el proceso más eficiente de desalación por su menor consumo energético. El desarrollo experimentado en los últimos diez años ha sido muy notable, tanto en las propiedades de las membranas, el aumento del rechazo de sales, disminución del precio de las mismas, incremento de productividad, etc.

Cabe esperar desarrollos importantes en el futuro ya que hay varias líneas abiertas de investigación. Este proceso no ha llegado aún a su techo tecnológico, y en él hay basadas fundadas esperanzas de mejoras significativas, que redundarán, sin duda, en la rebaja del coste del agua desalada.

Procesos de filtración selectiva: Electrodialisis

Entre los procesos que separan sales, entendiéndose como tal la separación de los iones de la sal se encuentra la electrodialisis. La electrodialisis utiliza también membranas semipermeables y selectivas al paso de los iones positivos o negativos. Si se crea un campo eléctrico al que se somete el agua salada, los cationes y los aniones emigran hacia sus respec-

tivos electrodos. Si en el camino encuentran estas membranas selectivas, los iones pasarán o quedarán retenidos, dejando zonas intermedias y alternativas entre las membranas donde se concentra el agua (rechazo) y donde se obtiene el agua dulce (producto). La electrodiálisis sólo se emplea hoy para aguas salobres. Está en experimentación su aplicación en aguas más concentradas.

Intercambio iónico

El intercambio iónico también es un proceso que separa sales y se basa en las propiedades que presentan ciertas sustancias sólidas insolubles que son capaces de intercambiar aniones o cationes cuando se ponen en contacto con un electrolito. Las resinas liberarán iones H⁺ y OH⁻ y fijarán los iones de electrolito. Estas resinas terminan por agotarse y hay que regenerarlas con productos químicos. Sólo es de aplicación en aguas poco concentradas y como tratamiento de afino en procesos industriales.

PANORAMA ACTUAL DE LA DESALACIÓN EN EL MUNDO

Evolución histórica

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. Son instalaciones de gran consumo de energía, aunque baratas de primera instalación. El incremento de la capacidad instalada hasta 1970 es muy bajo, siendo el total instalado al final de este año 1.700.000 m³/día.

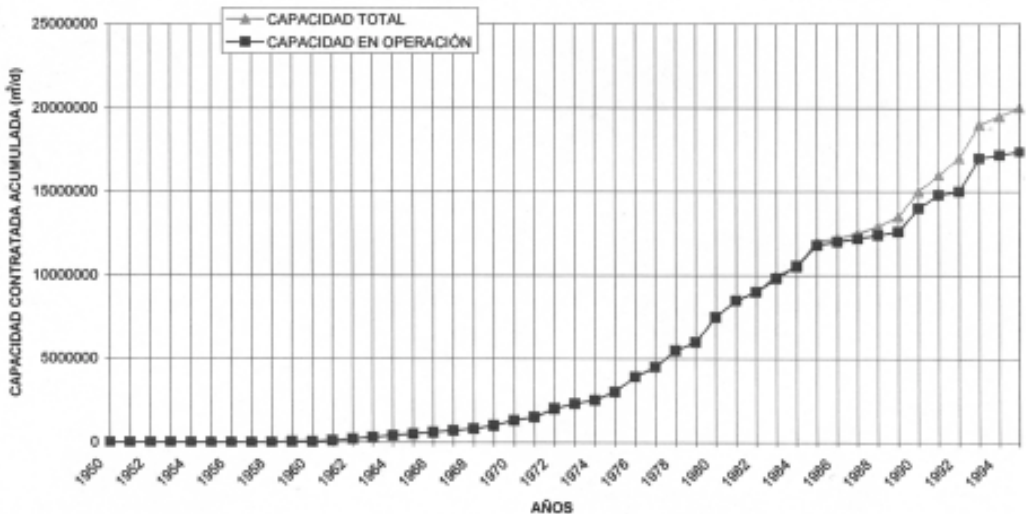


Figura 1. Capacidad total de desalación en el mundo

Tras la crisis del petróleo del año 1973, se produce un fenómeno muy interesante. El incremento del precio de los combustibles provoca por una parte una mejora de la economía de los países de la OPEP que les permite hacer grandes inversiones en construcción de desaladoras, y por otra, obliga a optimizar el 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 más explotación.

Las grandes inversiones de los países de la OPEP en el mercado de la desalación, crean un volumen de recursos hídricos muy importante que permite dar origen a diversos núcleos urbanos donde se asienta la 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, cambió de forma apreciable la faz de estos países.

Los avances del diseño permiten contrarrestar la subida del precio de los combustibles, al rebajar el consumo específico, haciendo que pueda extenderse la desalación a otras zonas carentes de recursos energéticos. Tal es el caso de España, Italia y otros. 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.

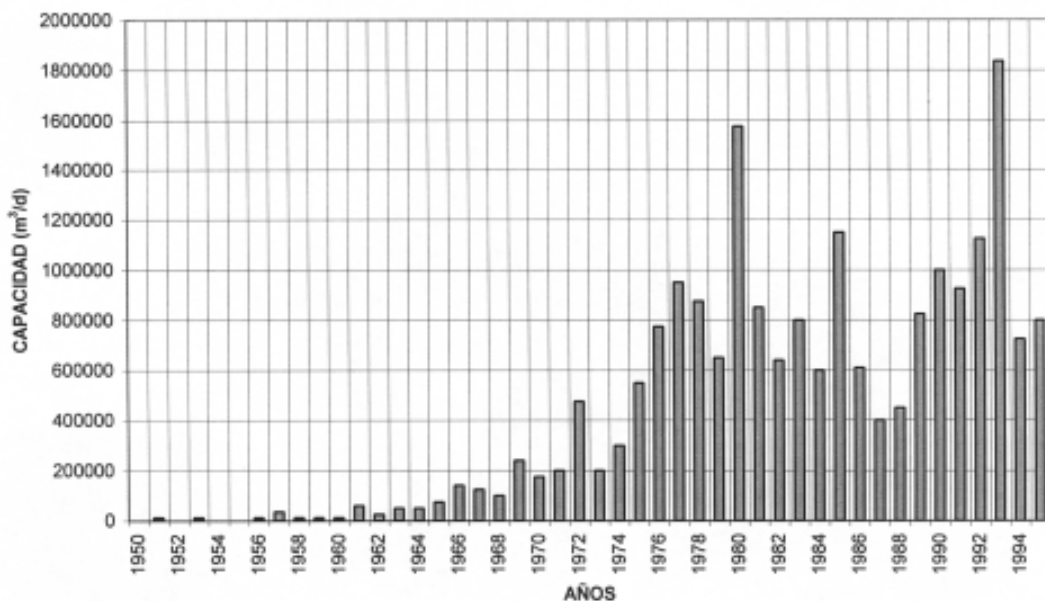


Figura 2. Capacidad anual de desalación

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 redundará en la 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. Desde estas fechas hasta hoy la contratación ha seguido una tasa de crecimiento estable aunque más moderado, alcanzándose en la actualidad la cifra de 20 hm³/día como capacidad total instalada. La capacidad total en producción es algo inferior, alcanzando la cifra de 17 hm³/año.

Como complemento a la curva de capacidad total instalada es interesante observar estos altibajos de la capacidad anual contratada, debidos a la cambiante coyuntura económica, ligada a los precios del petróleo. Hasta principio de los años 60, la mayoría de las plantas eran del sistema de evaporación en etapas múltiples (MSF) y algunos de multiefecto en tubos verticales. Ambos procesos proceden de los rudimentarios destiladores que se instalaban en los barcos para evitar los tanques de reserva, liberando espacio para el pasaje y las mercancías.

Al principio de los años 70 empiezan a aplicarse las membranas de ósmosis inversa, pero sólo en aguas salobres. Aún no pueden producir grandes rechazos de sales ni soportar las presiones requeridas para agua de mar. Este hecho va a significar un auge importante en los años siguientes y todo debido al menor consumo energético y por tanto el menor coste del agua desalada. Es importante contrastar el crecimiento de la capacidad anual de desalación en agua de mar (Fig. 3) y de agua salobre (Fig. 4).

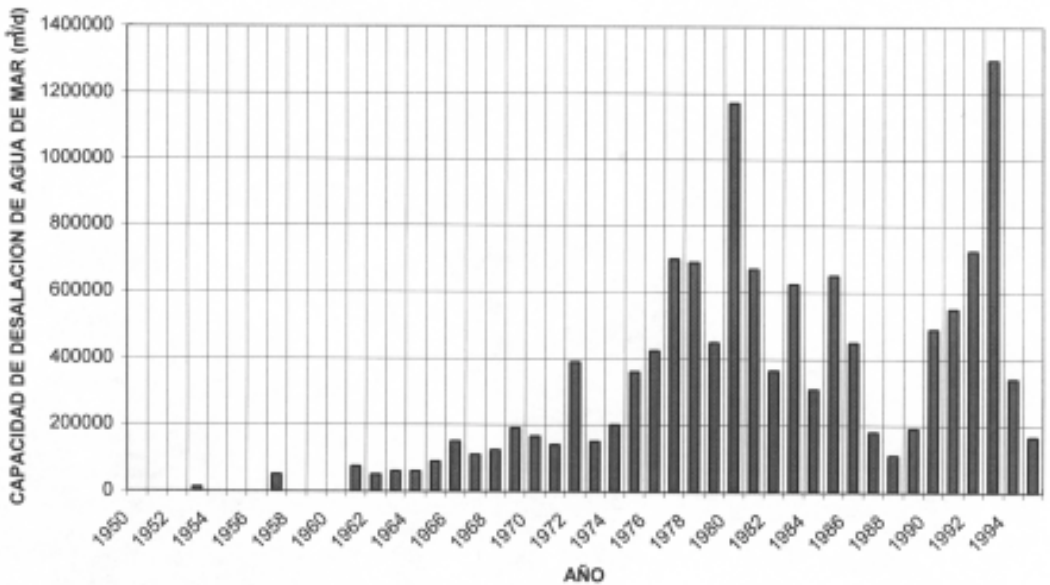


Figura 3. Capacidad anual de desalación de agua marina

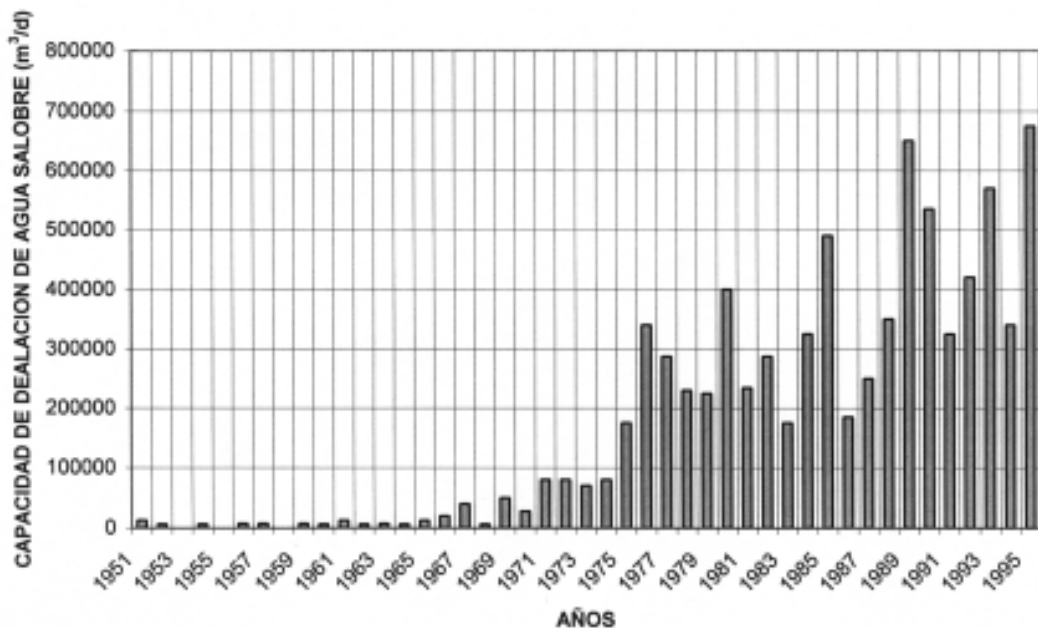


Figura 4.- Capacidad anual de desalación de agua salobre

A partir de los años 80 se produce el gran despegue de la ósmosis inversa aplicada al agua de mar. Esto abre unas posibilidades aún no agotadas, puesto que, como ya se ha dicho anteriormente, el proceso está aún lejano de su techo tecnológico. Debido al avance tecnológico que supone esta nueva tecnología, se rebajan inicialmente a menos de la mitad los consumos específicos. De 14 kWh/m^3 de los procesos de evaporación más eficientes se baja a menos de 4 kWh/m^3 en las últimas y más eficientes instalaciones españolas, sin duda alguna de los más eficientes del mundo.

Este cambio supone la extensión de la desalación a ciertas zonas que antes no habían contado con este recurso y la sustitución de las antiguas instalaciones, que han ido quedando obsoletas por su elevado consumo. Por eso se observa en la Figura 1 de la curva de capacidad total instalada que a partir del año 80 se empiezan a despegar las curvas de capacidad total y la de capacidad de operación. Las antiguas instalaciones quedan como reserva pero dejan de operar en continuo.

Geografía de la desalación

En sus inicios la actividad desaladora esta localizada en Europa y América del Norte. En los ochenta, los Países árabes y los japoneses dominaron el mercado, mientras que, en la actualidad, Europa ha retomado su posición aunque sin llegar a la actividad de los Países Árabes, tanto del Mediterráneo como del Oriente Medio.

Por países, Arabia Saudita ocupa el primer lugar con un 24,4% de la capacidad mundial instalada. España, ocupa el noveno lugar detrás de Países Árabes, Estados Unidos, Japón y la

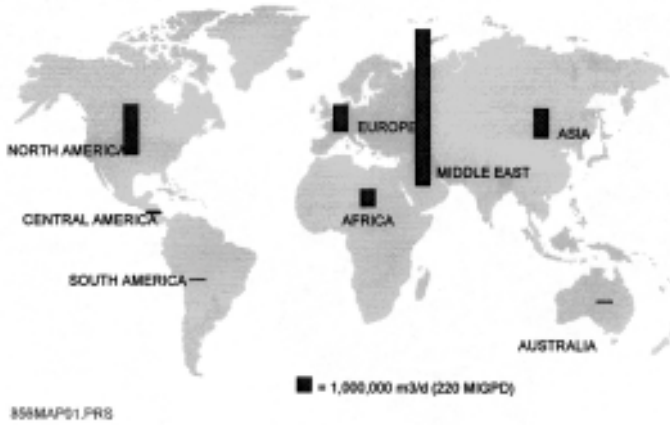


Figura 5. Capacidad de desalación por regiones (Fuente: Wangnick Consulting GMBH)

antigua Unión Soviética con un 2,4% de la capacidad mundial. En cuanto al número de unidades instaladas, el primer lugar lo ocupa Estados Unidos seguido de Arabia Saudita, lo cual significa que, el tamaño medio de las unidades instaladas en Estados Unidos es pequeño. España ocupa el quinto lugar en cuanto unidades, lo que significa que, también, nuestras plantas son de tamaño pequeño en general. No obstante, las últimas inversiones han sido en plantas de gran tamaño.



Figura 6. La desalación en el mundo

LA DESALACIÓN EN ESPAÑA

Las grandes cifras de la desalación

España presenta una acusada variabilidad hidrológica. Muchos problemas derivados de la escasez de recursos hídricos tienen su origen en la distribución irregular de las precipitaciones, tanto en el espacio como en el tiempo. Siendo la precipitación media anual de 670 mm existen áreas en el norte con precipitación media de 1.500 mm, mientras que en la cuenca del Segura la media es inferior a 380 mm. En Canarias la precipitación media es de 360 mm mostrando a su vez el archipiélago una fuerte variabilidad entre las islas occidentales y orientales, alcanzando Lanzarote uno de los valores más bajos de España con una precipitación media de 140 mm.

Las necesidades totales de agua para abastecimiento urbano se evalúan en 4.500 Hm³/año, lo que representa cerca del 15% de los usos consuntivos. Esto representa una dotación de 328 litros/hab.día en municipios entre 20.000 y 50.000 habitantes y de 295 litros/hab.día en grandes áreas metropolitanas. Son datos de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento. La población turística se evalúa en 7 millones de habitantes equivalentes lo que representa un 20% de la demanda total urbana.

Si tenemos en cuenta que la mayor población turística se localiza en las costas mediterráneas y los archipiélagos, donde son menores los recursos hídricos, y además coincide su estancia con el período de menores precipitaciones, tendremos el marco que define y justifica la ubicación de las desaladoras españolas.

La producción total actual de agua desalada llega a 153,20 hm³ /año de los cuales 74,64 hm³/año corresponden a agua salobre y 78,58 hm³/año a agua de mar.

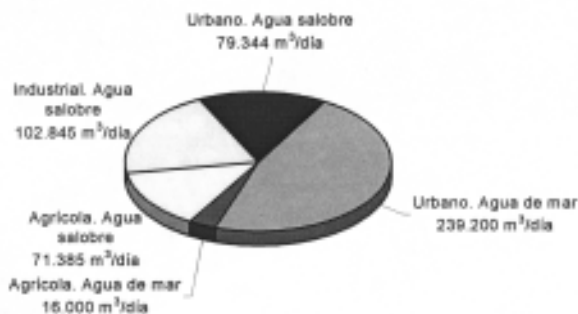


Figura 6. La desalación en el mundo

Con estas cifras el agua desalada representa en España el 0.4% del uso consuntivo y el 3.3% del consumo urbano. La población total abastecida con agua desalada es de 2.1 millones de personas. Estos valores, considerados en su conjunto no son aparentemente muy significativos. La modestia de las cifras porcentuales respecto al total nacional no refleja la importancia que representa allí donde se aplica la desalación, como se verá a continuación.

En las islas de Lanzarote y Fuerteventura la desalación de agua de mar permite el abastecimiento del 100% de la población autóctona y turística y en Gran Canaria representa el 80%. Lanzarote y Fuerteventura puede decirse que no tienen otros recursos hídricos disponibles que los obtenidos mediante desalación del agua de mar. En este recurso no convencional se ha basado el importante desarrollo turístico alcanzado en los últimos veinte años. En Gran Canaria los recursos hídricos superficiales que recogen los embalses suponen 12 hm³/año como cifra media. El agua desalada de origen marino alcanza en la isla la cifra de 36 hm³/año, por tanto 3 veces superior a los recursos superficiales. El principal uso del agua desalada es el abastecimiento urbano y una parte pequeña y excepcional para uso agrícola. La desalación de agua salobre para uso agrícola, industrial y urbano alcanza proporciones parecidas entre ellos

Evolución de la desalación

La desalación se introdujo en España hace ya treinta años. Aquellas primeras instalaciones desaladoras, algunas ya desmanteladas, se ven hoy casi con aspecto arqueológico pero fueron las que abrieron este camino de suma importancia, allí donde se ha utilizado. Produjeron un cambio cualitativo fundamental, en la calidad de vida de los usuarios. Fue en Lanzarote y Fuerteventura e inmediatamente en Gran Canaria y Ceuta en el año 70 donde se construyeron las primeras desaladoras basadas en el proceso de evaporación. Desde entonces la desalación ha evolucionado en España de forma continua.

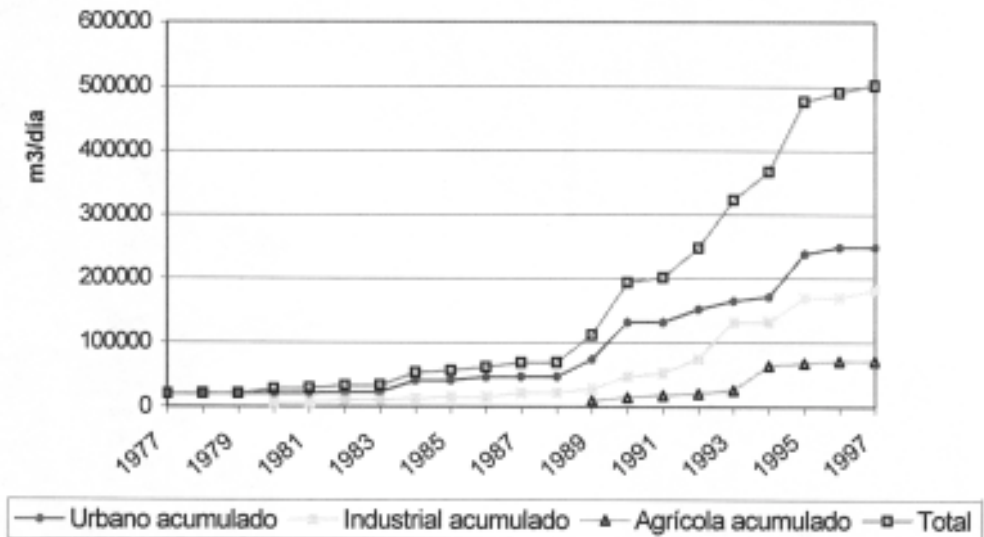


Figura 8. Evolución de la desalación en España

La evolución tecnológica seguida en el mundo tiene su perfecto reflejo en España. Hasta 1980 la tecnología dominante es la evaporación y más en concreto el sistema MSF (Evaporación Súbita Multietapa). En este primer período cabe incluso distinguir dos etapas distintas:

1965 – 1973 Instalaciones de menor inversión y mayor consumo energético

Corresponden a esta época las siguientes instalaciones como más importantes, algunas ya fuera de servicio y sustituidas por otras más eficientes.

1965	Termolanza * (Lanzarote) Ceuta I +	2.000 m ³ /día MSF
1970	Fuerteventura I +	4.000 m ³ /día MSF
1969	Las Palmas I	2.000 m ³ /día MSF
1970		20.000 m ³ /día MSF

1973 –1980 Instalaciones de mayor inversión y menor consumo energético

La subida de precios de los combustibles del año 1973 hace que se cambien los diseños de los evaporadores, incrementando la superficie de transferencia de calor para rebajar el consumo de energía. A este período pertenecen las siguientes instalaciones como más importantes.

1976	Lanzarote I +	5.000 m ³ /día MSF
1977	Riotinto * (Lanzarote)	2.500 m ³ /día MSF
1978	Fuerteventura II *	2.000 m ³ /día C.V
1980	Carboneras (Almería)	2.200 m ³ /día MSF
1980	Las Palmas II	18.000 m ³ /día MSF

(*Instalaciones fuera de servicio)

1980 -1990 La convivencia de la Evaporación y la Ósmosis Inversa

A partir de 1980 aparece con fuerza el proceso de Ósmosis Inversa aplicando al agua de mar. Este hecho revolucionará en gran medida el panorama de la desalación. Las membranas, aplicadas hasta entonces al agua salobre, mejoran sus características y permiten su aplicación con agua de mayor concentración de sales. Las instalaciones más importantes de este período son:

1987	Lanzarote II	7.500 m ³ /día O.I.
1989	Las Palmas II	36.000 m ³ /día O.I.
1990	Fuerteventura III	5.000 v/día O.I.

En este período también destacan dos importantes instalaciones de agua salobre.

1987	Maspalomas I (Las Palmas)	10.000 m ³ /día EDR
1990	Denia (Alicante)	16.000 m ³ /día EDR

Cabe destacar al principio de esta década los esfuerzos por mejorar los rendimientos de los procesos de evaporación. Se realizan varias plantas piloto pero aunque se rebajan los consumos energéticos, no llegan a poder competir con la ósmosis, por lo que esta última termina por imponerse.

1990 - 1997 El predominio de la Ósmosis Inversa

En estos años, en todo el mundo, pero especialmente en España, se impone la Ósmosis Inversa como tecnología más aconsejable por la disminución del coste del agua desalada obtenida por este proceso. En la búsqueda por disminuir el consumo de energía, España ocupa un lugar muy destacado. En el Congreso Mundial de Desalación de la IDA (International Desalination Association) celebrado en Madrid en Octubre de 1997 pudo verse que las desaladoras españolas habían alcanzado los consumos energéticos más bajos del mundo. Hay que destacar en este período las instalaciones siguientes:

1990	Lanzarote III	20.000 m ³ /día O.I.
1990	Maspalomas II (Las Palmas)	15.000 m ³ /día O.I.
1993	Sureste Gran Canaria	10.000 m ³ /día O.I.
1994	Arucas (Las Palmas)	4.000 m ³ /día O.I.
1995	Ibiza	7.500 m ³ /día O.I.
1996	San Antonio (Ibiza)	7.000 m ³ /día O.I.
1997	Costa del Sol (Málaga)	55.000 m ³ /día O.I.
1997	Ceuta II	16.000 m ³ /día O.I.
1997	Adeje Arona (Tenerife)	10.000 m ³ /día O.I.

Planificación hidrológica y desalación

La desalación es una tecnología plenamente dominada y consolidada. Puede por tanto encomendarse a ella la solución del problema de la escasez de recursos hídricos. Teóricamente podría compensarse cualquier déficit mediante desalación. Para la planificación hidrológica es de suma importancia definir el papel que se asigna a cada uno de los recursos (agua superficial, subterránea, desalación o reutilización) y la forma de atender las demandas.

La desalación de agua de mar es una forma clara de incrementar los recursos disponibles. Dicho esto, debe estudiarse con sumo cuidado dónde, cuándo y cuánta agua desalada se incorpora en el sistema. Una planta desaladora puede ser una solución magnífica dentro de un sistema hidráulico, pero también puede convertirse en un serio problema. En España tenemos muchos ejemplos de lo primero, pero también tenemos algunos de lo segundo.

En ciertos casos la desalación se puede contemplar como una solución de emergencia e incluso como garantía de suministro en zonas muy sensibles (áreas turísticas y densamente pobladas), pero siempre debe ocupar su puesto en la planificación con este carácter de garantía. Para incorporar correctamente la desalación de agua de mar en el planeamiento hidrológico, se debe responder antes a las siguientes preguntas que, en apariencia sencillas, no siempre son fáciles de contestar.

1. Cuánto cuesta el agua desalada
2. Cuánta agua se debe desalar
3. Para qué usos debe emplearse el agua desalada

La contestación a estas preguntas se hace para España, aunque ciertos principios tienen validez general. La contestación se hace de forma escueta, habida cuenta del carácter del presente trabajo.

El **coste** del agua desalada suele estar en muchos casos enmascarado entre subvenciones y beneficios cruzados con otros productos, en especial la energía. En España, después de largas discusiones, se ha llegado a determinar cuál es el verdadero coste de agua desalada. Una vez imputados de forma correcta todos los consumos (energía, personal, productos químicos y otros) y la amortización correspondiente, el coste real oscila en el entorno de **100 pts/m³**, para instalaciones de gran tamaño (más de 50.000 m³/día. Esta cifra puede incrementarse algo para plantas más pequeñas por efecto de la economía de escala. Una correcta distribución de los costes parciales sería: 42 % amortización, 45% energía y 13% personal, productos químicos y otros.

El coste del agua desalada es sin duda el más alto al que hoy se puede disponer del recurso agua. La comparación con los métodos convencionales de regulación y conducción o con las aguas subterráneas, siempre es desfavorable a la desalación. Dicho esto también debe señalarse que el coste del agua desalada ha sido y seguirá siendo decreciente mientras que el de los otros recursos convencionales ha sido y seguirá siendo creciente.

¿Podría pensarse que un día se igualaran?. Hoy están muy lejanos pero igual que en otros lugares se ha demostrado que la desalación era el método más barato frente a conducciones complejas y largas, en España puede llegar ese momento, aunque no en un futuro inmediato. La pregunta sobre los usos del agua desalada guarda mucha relación con el coste de la misma.

Si sentamos el principio de que el agua no debe recibir subvenciones ni directa ni indirectamente, será la rentabilidad económica de la actividad a la que se dedica la que marque si puede o no pagar el precio del agua. La agricultura extensiva no puede pagar el precio del agua desalada. La agricultura intensiva, en algunos pocos casos de productos de alto valor añadido, ha obtenido rentabilidad regando con agua desalada.

El uso industrial y sobre todo el abastecimiento urbano sí puede pagar el precio del agua desalada. Canarias es un buen ejemplo que demuestra que se puede afrontar el desarrollo de una

zona carente de recursos basado exclusivamente en la desalación de agua del mar. La falta de agua y no el precio de la misma era la causa del subdesarrollo de las islas orientales. Una vez garantizado el abastecimiento se ha seguido una línea ascendente de desarrollo que aún continúa. Es sin duda un ejemplo a tener en cuenta en la planificación futura en España para zonas con problemas similares.

Para saber cuánta agua deberíamos desalar es necesario saber qué franja del déficit hídrico, correspondiente a los usos asignados, queremos cubrir mediante desalación. La demanda para estos usos deberá ser la que marque la cantidad de agua que debemos desalar. En este aspecto se debe resaltar como muy positivo el buen ajuste obtenido en España entre la demanda y la oferta de agua desalada. Esto ha permitido dos logros muy importantes por su repercusión directa en la bajada del coste.

- altos factores de utilización de las instalaciones, minimizando así los costes fijos.
- incorporación de los avances tecnológicos cuando ha habido que incrementar la producción.

En la Figura 9 se puede ver la capacidad actual de desalación y la prevista para el año 2.002, según las diferentes cuencas hidrográficas.

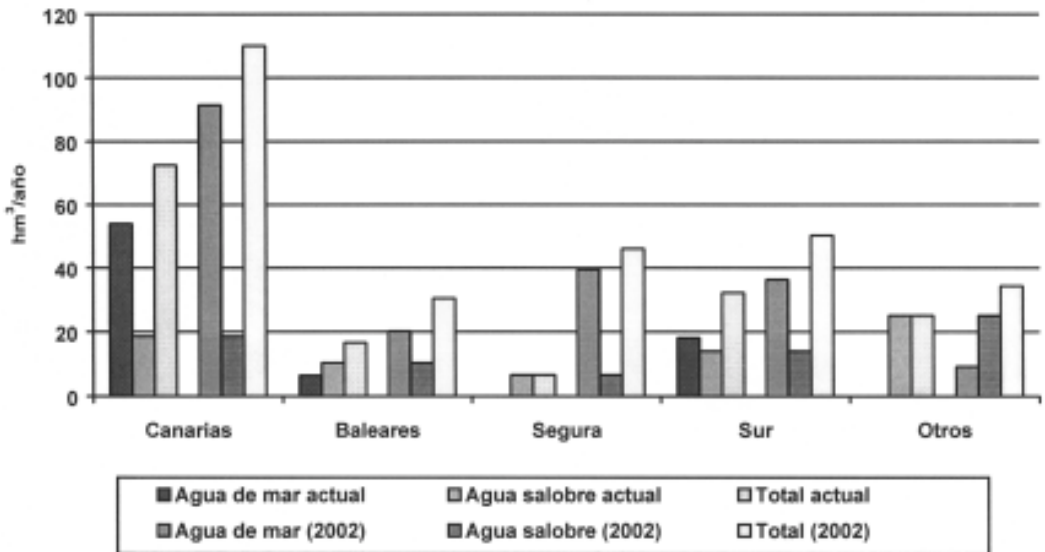


Figura 9. La desalación en la planificación hidrológica

En la actualidad se están construyendo las siguientes desaladoras:

Las Palmas - Telde	35.000 m³/día	MED
Santa Cruz de Tenerife	20.000 m³/día	O.I.
Bahía de Palma	42.000 m³/día	O.I.

Se prevé el inicio a muy corto plazo de las instalaciones siguientes:

Canal de Cartagena	65.000 m ³ /día O.I.
Canal de Alicante	50.000 m ³ /día O.I.
Melilla	15.000 m ³ /día O.I.
Almería	50.000 m ³ /día O.I.

Sumando estas cantidades se prevé para el año 2.002 aumentar la producción hasta 260 hm³/año, con un incremento notable de la desalación de agua de mar. Estas cifras colocan a España en el primer puesto de la Unión Europea en cuanto a producción de agua desalada. Es un liderazgo mantenido a nuestro pesar, forzados por la escasez de recursos naturales. La desalación no debe dejar de contemplarse como una medicina de indudables efectos curativos, pero a la que hay que recurrir sólo cuando no exista otra solución.

EL FUTURO DE LA DESALACIÓN

En la actualidad no se contempla ningún proceso nuevo de desalación. No cabe esperar a medio plazo más que el perfeccionamiento de los actuales. Los procesos de evaporación, como ya se ha dicho anteriormente, han alcanzado su techo tecnológico. En el campo de las membranas queda todavía un largo y prometedor camino por recorrer.

Hace falta más investigación en nuevos productos más baratos y con mejores características. De forma paulatina se están produciendo mejoras, pero de no demasiada importancia. Ese avance se producirá sin duda, pudiendo extenderse el caso de la desalación a otros campos donde hoy todavía resulta prohibitivo el uso del agua desalada.

Cada vez más son las personas que esperan la investigación científica aporte soluciones viables para resolver el problema de la falta de agua. La desalación del agua de mar, sin ser la panacea, sí puede contribuir eficazmente en muchos casos.