



PROBLEMÁTICA DEL AGUA DULCE

¿ES LA DESALACIÓN UNA POSIBLE SOLUCIÓN?

Elvira del Pozo Campos

Ingeniera agrónoma especialista en gestión del agua y periodista de ciencia y medioambiente

Resumen

Los 21 países que abrazan el Mediterráneo no solo comparten mar, cultura e historia sino también una realidad incómoda: suman el 60 % de los pobres del agua de todo el planeta. Si la desalación terminará con la escasez endémica de la región es algo en lo que los expertos no se ponen de acuerdo, aunque todos coinciden en que si será parte de la solución.

Abstract

The 21 countries bordering the Mediterranean share not only a sea, a culture and a history but also an uncomfortable fact: they are home to 60% of the world's "water poor". Experts differ as to whether desalination will fully resolve the region's endemic water shortage but all agree it will be part of the solution.

1. Introducción

Los 21 países¹ que abrazan el Mediterráneo no solo comparten mar, cultura e historia sino también una realidad incómoda: suman el 60 % de los *pobres del agua* de todo el planeta. En total, 180 millones de habitantes que cuentan con menos de 1.000 m³ de recursos hídricos² por habitante y por año.

La tradicional escasez de la zona resulta de un cóctel formado por un patrón de lluvia irregular concentrada en invierno y temperaturas cálidas. Esta situación se ha visto agravado por el aumento de la población –especialmente en los países más pobres de la región³ y en las

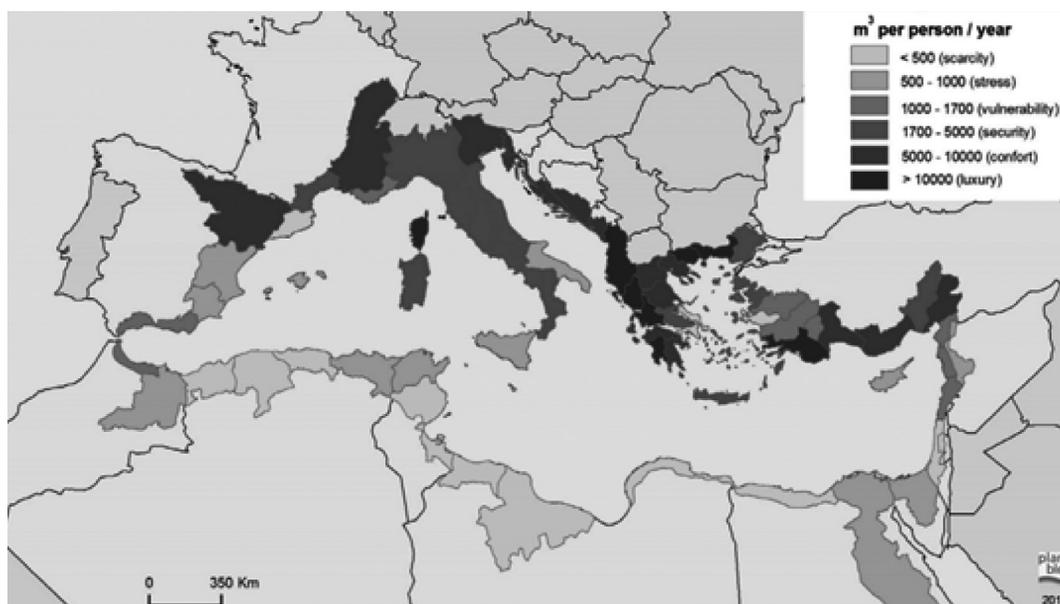
¹ Albania, Argelia, Bosnia y Herzegovina, Croacia, Chipre, Egipto, Francia, Grecia, Israel, Italia, Líbano, Libia, Malta, Mónaco, Montenegro, Marruecos, Eslovenia, España, República Árabe Siria, Túnez y Turquía.

² Recursos hídricos renovables: aguas interiores que se renuevan en el ciclo del agua.

³ GLOBAL WATER PARTNERSHIP MEDITERRANEAN (2014): *Water Scarcity, Security and Democracy: a Mediterranean Mosaic*.

zonas costeras— y de la demanda de otros usos, como el regadío y el turismo; por el hecho de que muchas de las fuentes de agua disponibles ya están explotadas, entre otros factores. También, por la existencia de grandes desequilibrios entre las distintas regiones: de los 1.140 mil millones de metros cúbicos anuales de agua azul —agua dulce superficial y subterránea— disponibles en los países mediterráneos, el 90 % se encuentra en los estados del borde norte, y el 10 % en los del borde sur⁴.

Figura 1. Agua natural renovable por habitante en la cuenca Mediterránea



Fuente: Plan Bleu (2010): *Sea water desalination: to what extent is it a freshwater solution in the Mediterranean?*

Y el futuro parece aun más negro: la cuenca mediterránea es una de las regiones del mundo más vulnerables frente al cambio global. Las cada vez más frecuentes sequías, debidas a una reducción de entre un 10 y un 30 % de las precipitaciones estivales, y el aumento de las lluvias torrenciales que vaticinan los modelos climáticos disminuirán aun más el agua disponible⁵, que no alcanzará para cubrir la demanda en 8 de los 12 países del sur y el este del Mediterráneo en 2025⁶.

El acceso al agua de boca —destinada al consumo directo del ser humano— es un derecho y así lo recoge el sexto Objetivo de Desarrollo Sostenible⁷ que propuso Naciones Unidas para «garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos» antes

⁴ BURAK y MARGAT (2016): *Water Management in the Mediterranean Region: Concepts and Policies*.

⁵ NAVARRO *et al.* (2014): *Scarcity and multiple stressors in the Mediterranean water resources: The SCARCE and GLOBAQUA research projects*.

⁶ *State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment*, UNEP/MAP – BARCELONA CONVENTION (2012).

⁷ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>.

de 2030. Pero, además, este recurso es clave en la zona mediterránea para garantizar el desarrollo sostenible de dos de sus sectores económicos más pujantes: el turismo y la agricultura.

En este contexto, la desalinización parece haberse convertido en un recurso estratégico que produce agua dulce independientemente del clima, evita conflictos entre territorios y aumenta la seguridad en el suministro, convirtiendo a territorios deficitarios en menos vulnerables ante la sequía y los efectos del cambio climático. Además, reduce la presión sobre acuíferos y aguas superficiales⁸.

Sin embargo el Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente (UNEP, en sus siglas en inglés) avisa: el impacto de las desaladoras instaladas en el Mediterráneo ya se nota en sus aguas, sobre todo debido a los vertidos de alta concentración de salmuera⁹. También preocupa su contribución a los gases de efecto invernadero que alimentan la crisis climática, porque desalar tiene un elevado coste energético. Todo esto tiene que ser vigilado y minimizado, concluye.

En muchos lugares, otras alternativas pueden proporcionar los mismos beneficios a menores costes económicos y medioambientales. Estas alternativas incluyen medidas de ahorro de agua, mejora de la conservación y eficiencia de los acuíferos, reciclado y reutilización de aguas residuales y por supuesto trasvases¹⁰.

Veamos un poco más en qué consiste la desalación y sus desafíos.

2. La desalación

Los océanos contienen el 97 % del agua del planeta. Unos 1.332 millones de kilómetros cúbicos, según cálculos de la *Woods Hole Oceanographic Institution*, de los que algo más de 3,7 millones de kilómetros cúbicos se encuentran en el mar Mediterráneo. Si idealmente se pudiera transformar en potable, dispondríamos de una cantimplora para calmar la sed de los países rivereños, que no dependería de si suben las temperaturas, ni de si llueve menos.

La desalación persigue obtener agua dulce mediante la sustracción de las sales del mar (35 gramos de sales por litro de media) y de fuentes salobres (con una concentración salina entre 0,5 y 30 gramos de sal por litro), como estuarios y acuíferos. Como subproducto, se obtiene salmuera que contiene toda la sal extraída.

La idea de separar las sales del agua es muy antigua aunque, al principio, el objetivo era obtener sal. Aristóteles diseñó el primer evaporador de mano en el siglo IV antes de Cristo. En el siglo XVI, se popularizaron los alambiques que llevaban los barcos para que los marineros tuvieran qué beber durante las grandes travesías. Aunque no fue hasta después de la II Guerra Mundial, con el crecimiento de la población y muchas de las fuentes de agua contaminadas,

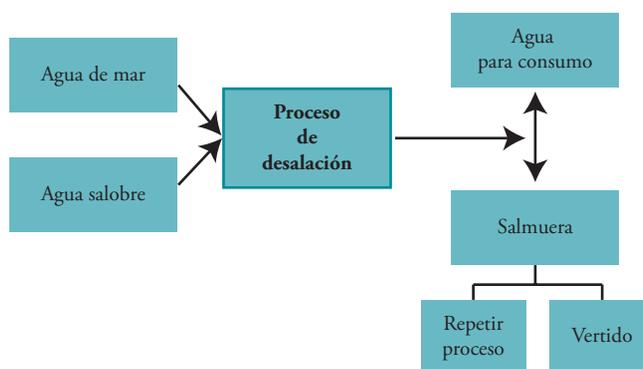
⁸ MOROTE (2018): *La desalinización. De recurso cuestionado a recurso necesario y estratégico durante situaciones de sequía para los abastecimientos en la Demarcación Hidrográfica del Segura*.

⁹ *State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment*, UNEP/MAP – BARCELONA CONVENTION (2012). Atenas.

¹⁰ INSTITUTO EUROMEDITERRÁNEO DEL AGUA (2009): *Desalación de Aguas. Aspectos Tecnológicos, Medioambientales, Jurídicos y Económicos*.

cuando empezaron a instalarse las primeras desaladoras industriales. Un dato: la primera planta en Europa se instaló en Canarias, en 1964.

Figura 2. Esquema del proceso de desalación



En la actualidad, los dos sistemas más empleados a nivel global son:

- La *desalación térmica*, por destilación o evaporación, hierve el agua salina y condensa el vapor obteniendo agua pura. Se subdivide en dos tipos:
 - La *evaporación instantánea multietapa* se basa en el principio de que al reducir abruptamente la presión del agua de mar ocurre una evaporación súbita de un pequeño porcentaje del líquido. Así que se repite la operación sucesivas veces con presiones que se van reduciendo progresivamente.
 - En la *evaporación en múltiples efectos* una serie de evaporadores producen agua a presiones progresivamente menores. Como el agua hierve a menores temperaturas al disminuir la presión, el vapor del primer evaporador calienta el segundo evaporador, y así sucesivamente.
- La *desalación mediante membranas* utiliza filtros semipermeables para separar el agua de las sales disueltas. La tecnología basada en *electrodialisis* realiza una separación electroquímica, en la que los iones se transfieren a través de las membranas de intercambio iónico al aplicar un voltaje de corriente continua, dejando el agua desalinizada como producto. Otro tipo es la *osmosis inversa*, que aplica presión –esfuerzo mecánico– sobre el líquido para forzarlo a pasar por la membrana: la sal se queda en un lado y el agua pura en el otro.

Desde los inicios de la desalación hasta 2005, la tecnología dominante fue la térmica; a partir de entonces, la hegemonía absoluta es de la osmosis inversa. La razón principal del sorpasso tecnológico se debe a que las plantas de evaporación consumen en torno al doble de

energía que las de osmosis inversa, 8 kW/hora/m³ de agua frente a entre 3 y 4¹¹ kW·hora/m³ de agua. Si se tiene en cuenta que la energía del proceso puede suponer entre el 50 y el 80 % del coste de operación, la desalación térmica es cara.

Aun así las plantas de osmosis inversa producen agua a un coste aún elevado –progresivamente decreciente según va mejorándose la tecnología– que ronda los 60 céntimos de euro el metro cúbico, que solo puede ser asumido por ciertos usos como la industria farmacéutica y de componentes electrónicos; y los regadíos de precisión de vegetales de alto valor añadido, entre otros.

Es habitual que las plantas de desalación térmica se construyan dentro de las centrales térmicas, ya que el mismo proceso que genera la electricidad –se calienta agua para que el valor mueva un alternador– sirve también para desalinizar.

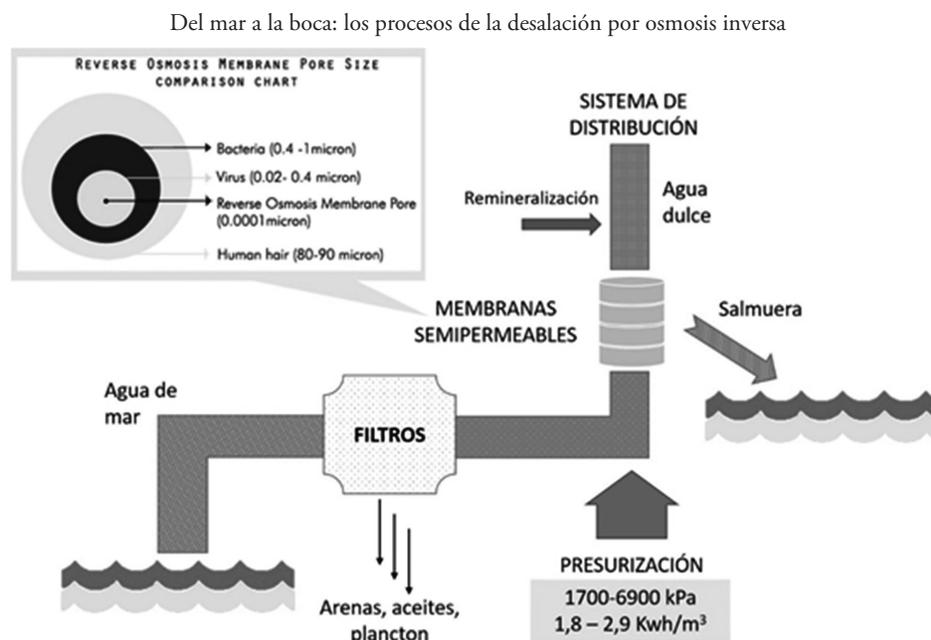
Las desaladoras de osmosis inversa, al ser menos intensivas en términos de energía, generan menos gases de efecto invernadero, entre 1,4 y 1,8 kilos de CO² por m³ de agua producida, y su contribución al cambio climático es menor.

Por el contrario, la salmuera producida a partir de osmosis inversa tiene aproximadamente hasta el doble de la salinidad del agua de mar que la procedente de las plantas térmicas. Esto es porque la eficiencia de esta tecnología es mayor, en torno al 50 % (45 % si el agua de origen proviene del mar y 75 % si se trata de agua salobre), es decir, como mínimo por cada metro cúbico de agua salada que entra, la membrana arroja medio metro cúbico de agua desalada y medio de salmuera. En cambio, las diversas técnicas de destilación tienen una eficacia que apenas supera el 30 %, y suelen producir salmueras más diluidas.

1. Se filtra el influente para quitarle algas, partículas de plástico, pequeños animales, larvas... El objetivo es que tenga las menos partículas en suspensión posibles porque así se consigue mayor rendimiento de las membranas semipermeables, que tienen unos poros tan pequeños que pueden taponarse fácilmente.
2. Se aplica una presión entre 1,8 y 2,9 kWh·m³ para forzar al agua a que pase a través de las membranas, lo que requiere un alto consumo energético, el mayor de todo el proceso. El resultado es agua pura, sin el 99,5 % de las sales disueltas, y sin virus, ni bacterias.
3. Como subproducto, se obtiene salmuera que será conducida a través de unos emisarios mar adentro para ser inyectada al mar.
4. Por último se remineraliza el agua para que contenga las sales propias del agua de boca, como calcio y magnesio, entre otros.

¹¹ UNEP/MED POL (2017): *Updated guidelines on the management of desalination activities*.

Figura 3. Esquema del funcionamiento de una planta desaladora que utiliza osmosis inversa



3. La desalación en el mundo

En el año 2018, había 15.906 plantas desaladoras operativas y en construcción en todo el mundo, el triple que a principio de siglo¹². Todas ellas suman una capacidad teórica para desalar 95,37 millones de m³ al día, 34.000 millones de m³ anuales. Sería como llenar casi al completo la presa de las Tres Gargantas de China, cada año. Dos tercios de las plantas captan agua de mar y el otro tercio lo hace de aguas salinas del interior, mayoritariamente de acuíferos. Además, siete de cada diez metros cúbicos de agua desalada se generan mediante osmosis inversa.

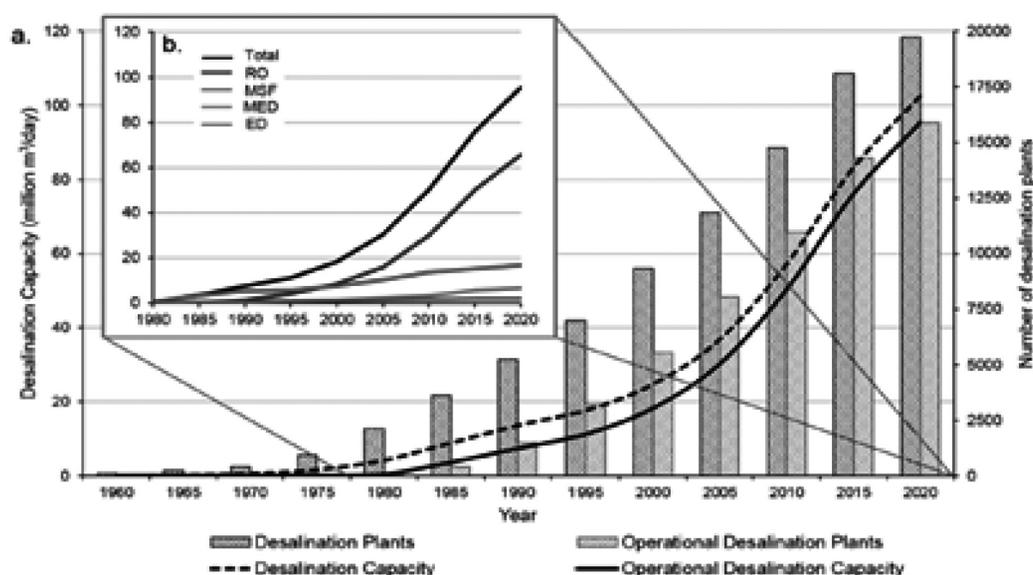
El gran peso de la energía en el proceso de desalinización explica por qué casi una de cada tres plantas que existe en todo el mundo se encuentra en los países del Golfo, como Arabia Saudí, Emiratos Árabes Unidos y Kuwait, donde hay mucho petróleo y es barato. Por la misma razón, el 71 % de la capacidad global de desalinización está localizada en los estados más ricos, mientras que los más pobres no llegan ni al anecdótico 0,1 %.

El alto precio del agua desalada condiciona los usuarios finales que están dispuestos a pagarla. El principal uso es el agua de boca, que acapara seis de cada diez metros cúbicos que se producen. En segundo lugar, con un tercio de la producción de agua, se colocan las industrias de alto valor añadido, como las farmacéuticas y las de componentes electrónicos, que precisan agua de alta calidad, con baja concentración salina, para sus procesos.

¹² <https://www.desaldata.com/>.

El riego solo usa el 1,8 del agua desalada y eso que, según Naciones Unidas, los cultivos son el mayor consumidor hídrico del mundo, acaparando el 70 % del agua dulce del planeta. La razón es de nuevo el precio del metro cúbico que solo la hacen económicamente viable en explotaciones agrícolas modernas, altamente intensivas que producen verduras caras. Estas se pueden permitir seguridad y constancia en el suministro, en contraposición a los cultivos extensivos donde el coste del agua tiene un peso enorme, cerca del 20 % del coste de producción. Además, las aguas procedentes de desaladora tienen concentraciones demasiado bajas de calcio y magnesio, y demasiado altas de boro, que son perjudiciales para los cultivos.

Gráfico 1. Tendencia de la desalación mundial por a) número y capacidad de las instalaciones; y b) por tecnología



Fuente: Jones *et al.* (2019): *The state of desalination and brine production: A global outlook.*

Tabla 1. Número y capacidad de desaladoras por región, nivel de riqueza y uso

	Número de plantas desaladoras	Capacidad de desaladoras	
		Millones m ³ /día	%
Total mundial	15.906	95,37	100,00
Oriente Medio y Norte de África	4.826	45,32	47,5
Este de Asia y Pacífico	3.505	17,52	18,4
Norteamérica	2.341	11,34	11,9
Europa Occidental	2.337	8,75	9,2
Latinoamérica y Caribe	1.373	5,46	5,7
Sur de Asia	655	2,94	3,1
Europa del Este y Asia Central	566	2,26	2,4
África Subsahariana	303	1,78	1,9
Nivel de ingresos			
Alto	10.684	67,24	70,5
Medio alto	3.075	19,16	20,1
Medio bajo	2.056	8,88	9,3
Bajo	53	0,04	0,0
Especialización sectorial			
Municipal	6.055	59,39	62,3
Industria	7.757	28,80	30,2
Energía	1.096	4,56	4,8
Regadío	395	1,69	1,8
Militar	412	0,59	0,6
Otros	191	0,90	0,4

Fuente: Jones *et al.* (2019): *The state of desalination and brine production: A global outlook*.

4. Desalación en los países del Mediterráneo

El gran éxito de la desalación a nivel global en las últimas décadas también se replica en casi todos los países de la cuenca mediterránea. Desde 1970 hasta el año 2013, se instalaron más de 1.532 desaladoras alrededor de la cuenca, concentradas mayoritariamente en los bordes sur y este, donde la escasez hídrica es mayor¹³.

En los primeros años del siglo XXI, de 2000 al 2013, la capacidad instalada se incrementó un 560 %, alcanzando los 12 millones de metros cúbicos al día¹⁴.

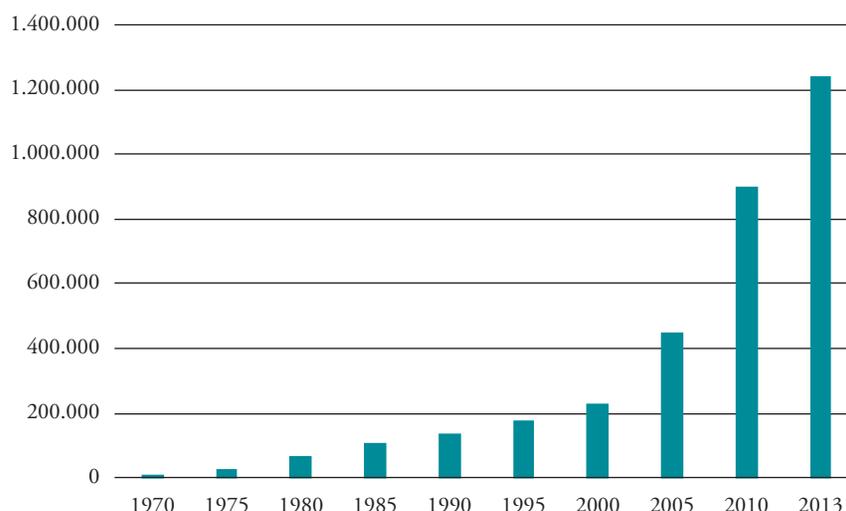
Una posible explicación a la adopción de la desalación en la mayoría de los países mediterráneos es que llegaron a la conclusión de que la combinación del rápido incremento poblacional y su tendencia a concentrarse en zonas costeras; el crecimiento económico; la expansión de la agricultura de regadío y el turismo; y el cambio climático que está experimentando la zona

¹³ UNEP/MED POL (2017): *Updated guidelines on the management of desalination activities*.

¹⁴ GWI, *Desaldata* (2013).

tienen como consecuencia una grave escasez crónica de agua dulce. En consecuencia, la desalinización apareció como una técnica prometedora para aprovechar el agua del mar Mediterráneo que promete asegurar el abastecimiento independientemente de las condiciones climáticas.

Gráfico 2. Capacidad de desalinización acumulada en los países mediterráneos desde 1970 hasta 2013. En m³/día



Fuente: SWIM (2015): *Desalination in the Mediterranean region: Cumulative environmental impacts revealed by a recent assessment*.

Además, las mejoras actuales en las tecnologías de desalinización, la reducción de los costes de operación, junto con el aumento del precio y la irregularidad de los suministros de agua convencionales, las disputas sobre los derechos de agua transfronterizos están llevando el agua desalinizada al centro de atención como una opción estratégica de suministro de agua en muchos países mediterráneos. Estas son las conclusiones a las que llega el informe de 2015 del proyecto de investigación, financiado por la Unión Europea, *Gestión Integrada de Agua Sostenible* (SWIM, en sus siglas en inglés)¹⁵.

Del mismo modo que pasaba a nivel global, la osmosis Inversa es la tecnología de desalinización más común en los países mediterráneos, responsable del 82,3 %¹⁶ de la capacidad instalada total y de casi 10 millones de metros cúbicos diarios de agua desalada. La clara apuesta por esta tecnología viene de largo, ya que fue esta región la primera en utilizarla en la década de los años 90 del pasado siglo, en pequeñas instalaciones en Canarias y Baleares para cubrir las necesidades del turismo.

¹⁵ (SWIM (2015): *Desalination in the Mediterranean region: Cumulative environmental impacts revealed by a recent assessment*.

¹⁶ UNEP/MED POL (2017): *Updated guidelines on the management of desalination activities*.

La segunda tecnología de desalinización más común en uso en la región es la evaporación instantánea multietapa, con un 11,2 % de la capacidad y unos 1,4 millones de metros cúbicos diarios de producción. Le sigue la desalinización en múltiples efectos, con solo el 6,5 % y 0,8 millones m³/día¹⁷.

La desalinización en el Mediterráneo empezó en islas con pocos recursos hídricos y con limitada capacidad de regulación y almacenaje como es el caso de Malta, Baleares, Chipre; o en zonas costeras rodeadas por desiertos como Argelia. Después, esta tecnología se extendió por el resto de los países de la mano de la explosión demográfica que experimentó la región. Hasta el punto de que, hoy en día, entre las plantas más grandes del mundo se encuentran las de Argelia e Israel (y en Emiratos Árabes Unidos y Arabia Saudí, fuera del Mediterráneo). En este país, la planta de Sorek es la mayor instalación de agua de mar por ósmosis inversa que está operativa, con una capacidad de 624.000 m³/día. Le sigue la planta de Magtaa, en Argelia, que produce 500.000 m³/día.

Por países, España ocupa el primer lugar entre sus vecinos mediterráneos con una producción desalinizadora teórica de 5 millones m³/día de agua que producen cerca de 800 plantas desaladoras. Cantidad que, si se destinara enteramente al consumo humano, sería suficiente para abastecer a unos 34 millones de españoles¹⁸.

La medalla de plata la ostenta Argelia con una producción diaria de 2,4 millones m³ (20 %), seguido por Israel, con 2,1 millones de m³ (18 %)¹⁹. Libia está en el cuarto lugar haciendo uso de su posición estratégica privilegiada con 2.000 km de costa.

Respecto al uso que se le da al agua desalada, casi nueve de cada 10 m³ que se producen se destinan a suministrar agua de boca. Hay un porcentaje de agua considerable que es aprovechada por refinerías, centrales eléctricas y otras industrias, que necesitan agua de alta pureza para sus procesos.

La región mediterránea, sobre todo los países europeos del sur, depende de la industria turística de verano, que requiere suministro abundante y garantizado de agua potable. Esta demanda tiene la peculiaridad de que es estacional, ya que los turistas se concentran principalmente en verano. Provisionar estos suministros adicionales de agua con desaladoras tiene la ventaja de que se pueden encender o apagar literalmente según sea necesario²⁰.

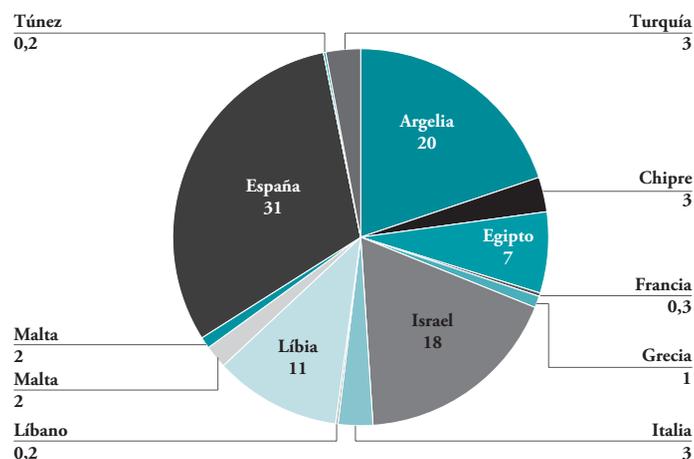
¹⁷ SWIM (2015): *Desalination in the Mediterranean region: Cumulative environmental impacts revealed by a recent assessment*.

¹⁸ Asociación Española de Desalación y Reutilización (2019).

¹⁹ GWI, Desaldata (2013).

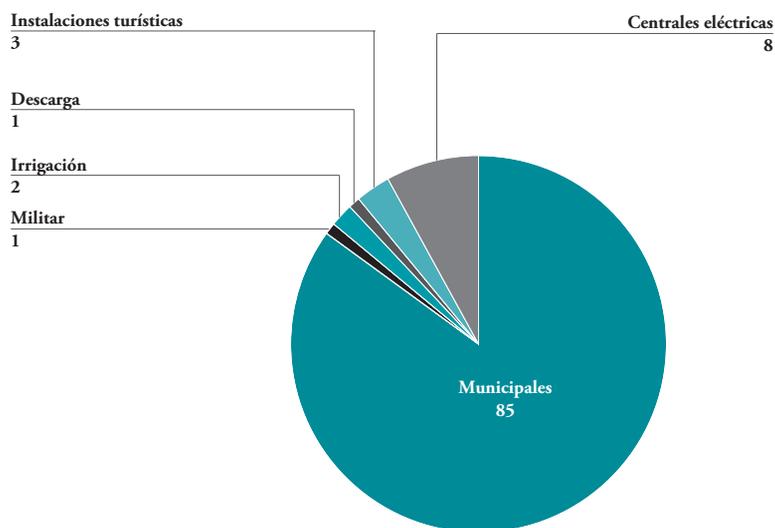
²⁰ WATER WORLD (2002): *Desalination activity rising on Mediterranean coast*.

Gráfico 3. Capacidad de desalinización de cada país mediterráneo. En porcentaje



Fuente: SWIM (2015): *Desalination in the Mediterranean region: Cumulative environmental impacts revealed by a recent assessment.*

Gráfico 4. Agua desalada por uso. En porcentaje



Fuente: SWIM (2015): *Desalination in the Mediterranean region: Cumulative environmental impacts revealed by a recent assessment.*

Respecto al 2 % destinado al riego en todo el Mediterráneo, más de 9 de cada 10 metros cúbicos lo emplea España, en sus cultivos altamente tecnológicos y de alto valor añadido, como son los vegetales que se producen en invernadero fuera de temporada para exportarlos al mercado europeo, según estudios²¹ del Instituto Euromediterráneo del Agua. La razón es

²¹ IEA (2008): *Desalación de aguas: aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos.*

que son los únicos que pueden afrontar los precios del agua desalada, muy por encima de las tarifas muy ventajosas a las que tienen acceso los regantes.

5. Desafíos de la desalación en la región mediterránea

En la región mediterránea, más de 8 de cada 10 desaladoras utilizan osmosis inversa que captan agua de mar. Por esta razón, los principales desafíos considerados hacen especial hincapié en esta tecnología.

5.1. Energía y crisis climática

La desalinización consume más energía que cualquier otro proceso para obtener agua potable, como son la extracción, la potabilización y el tratamiento de aguas residuales, entre otros. Anualmente, desalar requiere 75,2 teravatios hora, aproximadamente el 0,4 % de la electricidad mundial²². Suficiente para haber dado luz a un tercio de España durante todo 2017²³.

En el caso del Mediterráneo, se prevé que los 30 millones de metros cúbicos de agua al día que se desalarán en 2030 requerirán al año entre 40 a 45 teravatios hora, es decir, alrededor del 20 % de la demanda total de energía dedicada al sector del agua²⁴.

Aunque los datos varían en función del tamaño, diseño y capacidad de la planta, las desaladoras térmicas consumen el doble de energía que las que utilizan membranas, ocho kilovatios hora por metro cúbico frente a los entre tres y cuatro de las segundas²⁵. Pese a las mejoras energéticas de la osmosis inversa, todavía queda lejos de los consumos de otros métodos de obtención de agua que, en el mejor de los casos, solo necesita 0,37 kilovatios hora por metro cúbico.

Dado que la energía supone más de la mitad del coste de desalar, el agua desalinizada es cara, un lujo inalcanzable para países en vías de desarrollo y para la mayoría de los usos. Por ejemplo, en el caso de España, donde los regantes pagan de media 10 céntimos por metro cúbico de agua embalsada, los entre 60 y 80 céntimos que cuesta de media el mismo volumen de desalada solo les compensa a los cultivos muy rentables.

La energía se obtiene mayoritariamente a partir de combustibles fósiles, así que la desalación es responsable de emitir grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera, lo que agrava la crisis climática. Se estima que las desaladoras instaladas en todo el mundo contribuyen

²² SHAHZAD *et al.* (2017): *Energy-water-environment nexus underpinning future desalination sustainability.*

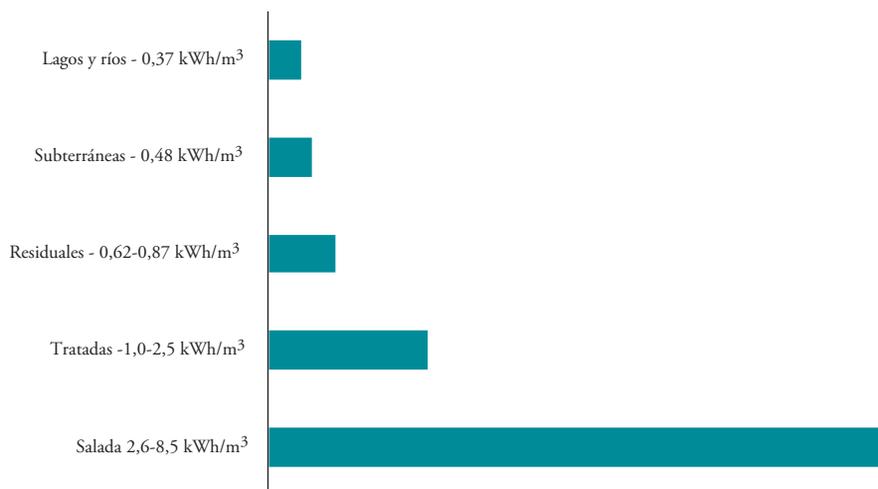
²³ Según datos de UNESA (Asociación Española de la Industria Eléctrica).

²⁴ PLAN BLEU (2010): *Sea water desalination: to what extent is it a freshwater solution in the Mediterranean?*

²⁵ SHAHZAD *et al.* (2017): *Energy-water-environment nexus underpinning future desalination sustainability.*

con 76 millones de toneladas de CO₂ al año, cantidad que crecerá exponencialmente hasta los 218 millones de toneladas de CO₂ anuales en 2040 y 400 millones de toneladas en 2050²⁶.

Figura 4. Cantidad de energía necesaria para producir una unidad de agua en función del agua de origen



Fuente: Shahzad *et al.* (2017): *Energy-water-environment nexus underpinning future desalination sustainability*.

Si no se toman medidas, las propias desaladoras sufrirán las consecuencias de la crisis climática: aquellas construidas en la costa, son vulnerables a cambios en la posición del nivel del mar por encima de dos o tres centímetros²⁷.

La clave para reducir el impacto está en encontrar materiales para hacer las membranas que necesiten menos presión para filtrar el agua. Menos presión, menos energía. En este sentido, los investigadores del *Massachusetts Institute of Technology* llevan tiempo experimentando con el grafeno, aunque hay muchos otros candidatos, como biomembranas que incorporan proteínas. Se estima que las primeras mallas de nueva generación se comercializarán en una década.

Otra línea de trabajo para reducir el consumo energético es incorporar sistemas de recuperación de energía, que ya se instalan en muchas desaladoras y pueden ahorrar hasta un 30 % de electricidad. En desaladoras con agua de mar, grandes cantidades de sal salen propulsadas de las membranas. Ese chorro a presión se turбина para que genere electricidad que se devuelve a la red.

²⁶ (2015): *Concept Chapter, Global Clean Water Desalination Alliance «H₂O minus CO₂»*.

²⁷ FUNDACIÓN INSTITUTO EUROMEDITERRÁNEO DEL AGUA (2009): *Desalación de Aguas. Aspectos Tecnológicos, Medioambientales, Jurídicos y Económicos*.

Desalación con energías renovables: ¿realidad o ficción?

La combinación de la desalinización con fuentes de energía renovables tiene el potencial de suministrar agua dulce sostenible. Al menos, en un futuro porque de momento las cifras están muy lejos de ser significativas: las más de 130 pequeñas plantas de desalinización alimentadas con energía renovable diseminadas por todo el mundo producen solo el 1 % del total de agua desalinizada.

La tecnología más extendida es la solar fotovoltaica, con un 43 %, seguida de un 27 % de energía solar térmica y un 20 % de energía eólica²⁸. Varias de estas plantas piloto de entre 0,5 a 200 cúbicos se encuentran en países mediterráneos como Egipto, Argelia, Túnez y España.

El único inconveniente de utilizar paneles solares es el área requerido para la instalación. Como regla general, para operar una pequeña planta de osmosis inversa que produzca un metro cúbico al día (por lo que el consumo energético no es tan eficiente como las grandes instalaciones y puede subir hasta los ocho kilovatios hora por metro cúbico), la instalación fotovoltaica requiere una superficie de casi 28 metros cuadrados²⁹.

Otras plantas situadas en Francia, Grecia y Fuerteventura, con capacidades entre 12 y 56 m³ al día, optaron por aerogeneradores como fuente de energía³⁰.

5.2. Salmuera

Las desaladoras generan vertidos con un contenido mayor en sales que las aguas de origen, sobre todo en las que proceden de plantas equipadas con tecnologías de membrana³¹. En las plantas de osmosis inversa, de media, se genera un litro y litro y medio de salmuera (60-70 gramos de sal por litro frente a los 30-35 que tiene el océano de media) por cada litro de agua dulce que se produce³². Un 50 % más de lo que se pensaba hasta ahora, señala un estudio publicado en 2019. Además, la investigación dibuja una realidad inquietante: el con-

²⁸ MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DA ENERGIA E DO AMBIENTE (2014): *Renewable Energy Powered Desalination Systems: Technologies and Market Analysis*.

²⁹ MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DA ENERGIA E DO AMBIENTE (2014): *Renewable Energy Powered Desalination Systems: Technologies and Market Analysis*.

³⁰ ABUSHARKH, GIWA Y HASAN (2015): *Wind and Geothermal Energy in Desalination: A Short Review on Progress and Sustainable Commercial Processes*.

³¹ GARCÍA Y BALLESTEROS: *El impacto de las plantas desalinizadoras sobre el medio marino: la salmuera en las comunidades bentónicas mediterráneas*. CSIC.

³² JONES *et al.* (2019): *The state of desalination and brine production: A global outlook*.

junto de las desaladoras del mundo genera 141 millones de metros cúbicos de salmuera al día, 51.700 millones al año, suficientes para desbordar 23 millones de piscinas olímpicas. Cada año.

El efluente tiene diferente temperatura, pH y alcalinidad que el mar en el que desemboca. También contiene sustancias químicas utilizadas durante el pretratamiento de las aguas captadas antes de ser desaladas. Se añade cloro para evitar que proliferen microbios en las membranas y bisulfito sódico para eliminar el cloro que, a su vez, puede deteriorar las membranas. Y eso no es todo: ácido sulfúrico –antoincristante–, cloruro férrico –anticoagulante–, metales pesados procedente de la corrosión de la maquinaria y, en las descargas puntuales cuando se limpian las membranas, detergentes y partículas en suspensión de los filtros de entrada.

Debido al gran volumen de efluente, el almacenaje en superficie no es viable por el peligro de contaminación fortuita de los recursos hídricos superficiales y subterráneos debido a desbordamientos fortuitos, crecidas y filtraciones. Así que, hoy por hoy, la opción más extendida es echarlo al mar³³. El problema es que su elevada densidad forma una pluma salina que decanta en el fondo marino y se dispersa pegada a él, lo que afecta inevitablemente a sus comunidades bentónicas, como estrellas, erizos, pulpos, sepias y praderas de algas como las endémicas del Mediterráneo *Posidonia oceánica*, entre otros muchos³⁴.

¿En qué medida les perturba? No hay consenso científico ya que son escasos los estudios, los que hay no llegan a las mismas conclusiones, y no hay apenas publicaciones sobre seguimientos de la dispersión de los vertidos a largo plazo³⁵. Sin embargo, cada vez hay más investigaciones que señalan la existencia de efectos locales sobre la biota marina en amplias zonas de la plataforma marina en las proximidades del emisario, lo que afecta tanto al plancton como a larvas, huevos y peces que no soportan aguas con esa composición. También concluyen que alteran la actividad y la diversidad de bacterias y microalgas, reducen la abundancia de meiofauna y afectan la fisiología de las praderas de pastos marinos³⁶. La razón, señalan, es que el aumento de temperatura, la salinidad y el bisulfito sódico reducen el oxígeno en el agua de mar. Los organismos literalmente se ahogan y al morir empeoran la situación porque su descomposición consume aun más oxígeno³⁷. También está el efecto que tienen los metales pesados y la acumulación de otros tóxicos permanentes en los organismos. Los que se pueden mover, huyen; los demás tienen que hacer frente al coctel de temperatura, químicos y sal.

Lo que parece aceptado es que los resultados son específicos del lugar donde se inyecte la salmuera, de la sensibilidad del entorno receptor, del proceso de desalinización, del tamaño de la planta, de la composición de la descarga y de cómo se realice el vertido³⁸.

Diversas soluciones pasan por reducir la cantidad de salmuera, mejorando la eficiencia del proceso de desalación y filtrarla inyectándola sobre la arena de la playa, con la complicación de que limita el volumen de vertido, a la vez que puede dañar acuíferos de agua dulce, salini-

³³ IEA (2008): *Desalación de aguas: aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos*.

³⁴ JONES *et al.* (2019): *The state of desalination and brine production: A global outlook*.

³⁵ UNEP/MED POL (2017): *Updated guidelines on the management of desalination activities*.

³⁶ PETERSEN *et al.* (2018): *Impacts of Seawater Desalination on Coastal Environments*.

³⁷ INSTITUTO EUROMEDITERRÁNEO DEL AGUA (2009): *Desalación de Aguas. Aspectos Tecnológicos, Medioambientales, Jurídicos y Económicos*.

³⁸ UNEP/MED POL (2017): *Updated guidelines on the management of desalination activities*.

zándolos. También se puede soltar el rechazo en lugares donde se favorezca su dilución: lejos de la costa, evitando las zonas sensibles (desove, praderas de poseidonia...), buscando zonas de corrientes o profundas. Además, un correcto programa de vigilancia ambiental de los vertidos de cada desaladora permitiría identificar y mitigar los impactos ambientales³⁹.

5.3. Captación

Las desaladoras de agua de mar captan el influente en aguas marinas cercanas a la costa. Estas son con frecuencia hábitats ricos donde se concentra la fauna y zonas de desove; y en las que las larvas y los pequeños organismos son muy vulnerables a ser absorbidos junto con el agua que entra en la planta⁴⁰. Existe consenso en que tanto la flora como la fauna arrastrada perecerá durante las diferentes etapas del proceso de desalinización⁴¹.

Una de las medidas para atenuar la entrada accidental de grandes organismos es la reducción de la velocidad de absorción del agua y la colocación de mallas que intercepten el flujo. Para minimizar la succión de animales de menor tamaño, conviene situar la toma de agua alejada de las áreas reproductivas y de puesta.

6. ¿La desalación es una posible solución a la escasez hídrica del Mediterráneo? Hablan los expertos

«La desalinización puede ser una medida para mejorar la disponibilidad de agua, pero es necesario abordar las preocupaciones ambientales y económicas vinculadas».

Karmenu Vella (comisario europeo de Medio Ambiente, Asuntos Marítimos y Pesca)

La Comisión Europea considera la instalación de desaladoras una medida más de gestión del agua y adaptación al cambio climático. Y deja que «cada Estado miembro sea el que decida si es la opción más adecuada para combatir la escasez hídrica de su territorio». Así lo explicaba el comisario europeo de Medio Ambiente, Asuntos Marítimos y Pesca, Karmenu Vella, durante una respuesta parlamentaria en febrero de 2018⁴², a si la Comisión consideraba la desalinización una medida útil, especialmente en la zona mediterránea.

Vella recordaba que «ya existen mecanismos de financiación europeos –en referencia al Programa LIFE y al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER)– y políticas europeas –Políticas de Cohesión, Comunicación de Escasez de Agua y Sequías⁴³ y el Plan

³⁹ SOLA *et al.* (2018): *Evaluación y aspectos de mejora de los programas de vigilancia ambiental de vertidos de desalinizadoras*.

⁴⁰ IEA (2008): *Desalación de aguas: aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos*.

⁴¹ UNEP/MED POL (2017): *Updated guidelines on the management of desalination activities*.

⁴² http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/E-8-2017-007708-ASW_EN.html.

⁴³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0414&from=ES>.

para Salvaguardar los Recursos Hídricos de Europa⁴⁴— que permiten a los Estados miembros asignar recursos para abordar la escasez de agua de manera estratégica». Es por ello que, «en la actualidad, la Comisión no tiene intención de proponer iniciativas adicionales» que apoyen de manera específica la desalación en la Zona, concluye.

Aun así, Europa es muy consciente de que en los países del sur se prevé una disminución gradual de las precipitaciones y un aumento del estrés hídrico. Situación que comparten los territorios que vierten al Mediterráneo. Por eso la Unión Europea es, junto con los 21 países mediterráneos, uno de los firmantes del Convenio de Barcelona y se compromete a implementar el Plan de Acción para la protección y el desarrollo de la cuenca del Mediterráneo (PAM), un acuerdo regional bajo el auspicio del Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente.

En ese marco, una de las guías técnicas que ha suscrito la UE es la que establece cómo se debe desalinizar de forma sostenible y de qué manera tiene que monitorizarse el medio ambiente para controlar su impacto⁴⁵.

«Si son las desaladoras mejores o peores que otras medidas de gestión del agua, eso hay que valorarlo en cada caso. No hay una respuesta única, ni fácil».

José Morillo Aguado (director del Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, y director del Máster Propio en Tecnologías y Gestión del Ciclo del Agua de la Universidad de Sevilla)

Al litio se le ha apodado en los últimos años el oro blanco, debido al *boom* de los coches eléctricos y teléfonos inteligentes que lo llevan en sus baterías. Los fabricantes lo buscan en las minas pero el océano contiene 230.000 millones de toneladas de este metal, cuatro veces más que todas las reservas terrestres juntas.

José Morillo Aguado, profesor titular de Tecnologías del Medio Ambiente de la Universidad de Sevilla, ha estado trabajando junto con la empresa Abengoa para desarrollar métodos que permitan rescatar el litio de los vertidos de las desaladoras. «Las salmueras de las plantas desaladoras de agua de mar tienen el doble de salinidad que el mar, por lo que resulta un recurso valioso si se quiere recuperar sus sales», señala. Lo que es un factor a tener en cuenta dado que el preciado elemento está en concentraciones muy bajas en las aguas marinas, entre 0,1 y 0,2 partes por millón.

Si bien, todavía está en proceso de desarrollo, no solo podría obtener litio, sino también magnesio, que se utiliza para la fabricación de materiales refractarios. «También sería muy interesante poder recuperarlo y usarlo en la propia desaladora para remineralizar el agua dulce obtenida, que es deficitaria en este elemento», explica Morillo.

Aunque esta minería de mar no soluciona el problema del vertido de salmuera, es una oportunidad para valorizar un recurso que se desecha. Que, además, «será cada vez va más

⁴⁴ http://ec.europa.eu/environment/water/blueprint/index_en.htm.

⁴⁵ UNEP/MED POL (2017): *Updated guidelines on the management of desalination activities*.

abundante» porque las previsiones dibujan un futuro de escasez hídrica en el que las desaladoras serán «sin duda» parte de la solución para combatirla. «¿Si son mejores o peores que otras medidas de gestión? Eso hay que valorarlo cada caso. No hay una respuesta única, ni fácil», concluye.

«No hay un horizonte corto para soluciones sencillas a los problemas ambientales de la desalación, especialmente las salmueras».

Antonio Martínez Nieto (secretario general de la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua)

A principios de 2019, saltaron las alarmas por contaminación en el Mar Menor. La principal causa fueron los vertidos procedentes de la desalación de aguas subterráneas para regar los cultivos de la zona. «Las más de 800 desaladoras privadas carecían de un sistema colectivo para la gestión de salmueras», explica Antonio Martínez Nieto, secretario general de la Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua. Este es un ejemplo de la dificultad de evitar los problemas ambientales de la desalinización que, aunque son bien conocidos, «al tratarse de una tecnología madura no hay un horizonte corto para soluciones sencillas, especialmente las salmueras», comenta.

Algo parecido ocurre con otro de los impactos negativos de esta tecnología, la gran cantidad de gases de efecto invernadero que genera. «La desalación es mala noticia para el cambio climático, por la demanda energética principalmente», señala Martínez Nieto. En su opinión, «poner en marcha plantas con fuentes renovables es una buena idea, también construir las instalaciones mar adentro; pero nada de esto es viable por el momento, al menos para la escala industrial».

Mientras que se buscan remedios tecnológicos, los efectos que ya ocasiona el cambio climático «obliga a repensar el sistema nacional de agua». El experto cree que «la desalación no es solución para la agricultura pero, en cambio, garantiza el abastecimiento urbano en las zonas costeras como se ha demostrado en el levante español en verano».

También considera «fundamental» aplicar un mix de medidas para asegurar el abastecimiento en lugares de escasez. «Gracias a la gestión de la demanda, la reutilización y el empleo de otros recursos no convencionales, junto con el trasvase, la región de Murcia, Almería y Alicante es viable». Aunque «los regadíos de esa zona tienen poco margen para disminuir su consumo, pues se encuentran entre los más modernos y eficientes de Europa», reconoce.

«No existen problemas ambientales si se diseñan y operan las desaladoras de forma correcta».

Domingo Zarzo Martínez (presidente de la Asociación Española de Desalación y Reutilización [AEDyR])

Domingo Zarzo Martínez, presidente de la Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR), lo tiene claro: «la desalación no genera problemas ambientales si se diseñan

y operan las plantas de forma correcta». Recuerda que los altos consumos energéticos de los comienzos de esta tecnología –que rondaban los 20 kilowatios hora necesarios para producir un metro cúbico de agua pura–, se han reducido hasta los 2,5 kilowatios hora por metro cúbico, lo que «supone un consumo muy reducido para la producción de agua de gran calidad», enfatiza.

«La discusión sobre la emisión de gases de invernadero es también artificial», indica. Como él mismo explica, «la desalación no tiene emisiones directas y las indirectas producidas por la energía consumida están acordes al modelo energético que alimenta la red eléctrica, como cualquier otro consumidor (industria, doméstico, etc.)». En su opinión, «lo que hay que cambiar y mejorar es el modelo energético incrementando el porcentaje de energías producidas mediante fuentes renovables y reduciendo el uso de combustibles fósiles». En este sentido, Zarzo Martínez considera que las principales dificultades para lograrlo son, por un lado, que muchas veces la ubicación de la estación puede no ser el lugar más adecuado para la generación de energía renovable (por falta de viento en el caso de la eólica o de radiación, en el caso de la solar); y, por otro, la discontinuidad en la producción de estas energías, lo que obliga a tener sistemas de almacenamiento de energía, que son caros, o al respaldo de la conexión con la red eléctrica general.

Respecto a la salmuera en el caso de agua de mar, el experto considera que se trata «simplemente de agua de mar concentrada, sin otros contaminantes o productos químicos» por lo que si su vertido se realiza en una zona adecuada donde no haya especies ambientales especialmente sensibles a la salinidad, con dilución previa y con el apoyo de difusores para su mezcla, «no existe un impacto detectable». Mayor problema tiene las salmueras de desaladoras de agua salobre –con mayores concentraciones de Sulfatos y Nitratos, entre otros– y en zonas de interior.

Así que en opinión de este experto, «no existen problemas ambientales si se diseñan y operan las desaladoras de forma correcta».

Zarzo Martínez, que también es miembro del Patronato y Comité Científico de IMDEA Agua (Instituto Madrileño de Estudios Avanzados - Agua) no tiene ninguna duda de que los recursos no convencionales (desalación y reutilización) juegan un papel cada vez más importante en la planificación hidrológica junto con las fuentes tradicionales de agua (superficial, subterránea y trasvases). Incluso sectores tradicionalmente reacios a la desalación, como el agrícola, están apostando ahora por ella «debido a la rentabilidad del metro cúbico producido por esta agua de tanta calidad y la creciente y previsible reducción de los trasvases, por motivos políticos y/o ambientales que, además, se incrementará en el tiempo por el cambio climático y las tensiones territoriales», señala.

«Todos los recursos de agua deben convivir, y el modo más inteligente para ello es la mezcla de todos los recursos (convencionales y no convencionales), para obtener agua de calidad para todos los usos a precios asumibles», concluye.

«La desalación debería ser la última de las opciones y solo para abastecer agua de boca».

Julio Barea Luchena (responsable de campañas de Consumo y Biodiversidad de Greenpeace España)

El acceso al agua es un derecho fundamental, pero «no lo es el que demanda la agricultura intensiva insostenible de grandes agroindustrias, ni tampoco la que necesitan los campos de golf y los parques acuáticos de zonas deficitarias», explica Julio Barea Luchena, responsable de campañas de Consumo y Biodiversidad de Greenpeace España. En su opinión, «la política de aguas de España tiene como objetivo cubrir todas las demandas, sin ningún criterio; y no nos lo podemos permitir».

Además, invita a la reflexión: quizás se podrían ahorrar necesidades hídricas como las asociadas a ciertas prácticas «excesivas» de la industria turística. «Tenemos que pensar qué turistas queremos atraer», expone Barea Luchena.

«La desalación debería ser la última de las opciones y solo para abastecer agua de boca», señala. Barea cree que «se empieza a solucionar por el final» porque «hay muchas otras medidas que se pueden tomar antes, como la gestión de la demanda y el fomento de la reutilización en determinados usos».

La desalación conlleva serios problemas intrínsecos. «El de la energía podría minimizarse si el 100 por 100 de las plantas se alimentaran de fuentes renovables, comenta el experto. Pero la contaminación salina de acuíferos, donde se capta el agua salobre para desalar, y las descargas de salmuera «no se pueden obviar». «Lo ideal es que hubiera muy pocas desaladoras o ninguna», concluye.