



Noviembre 2020

**Gestión sostenible de los recursos hídricos
y sus posibles sinergias con las energías
renovables**

Materia adscrita: Organización sostenible de los
recursos naturales



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

Participantes en el proyecto

Mariano Sidrach de Cardona Ortín. Catedrático de Física Aplicada II. Universidad de Málaga

Domingo Jiménez Beltrán. Patrono. Fundación Renovables

Manuel Abeledo Losada. Área Técnica. Fundación Renovables

Raquel Paule Martín. Directora General. Fundación Renovables

Fernando Martínez Sandoval. Técnico de proyectos. Fundación Renovables

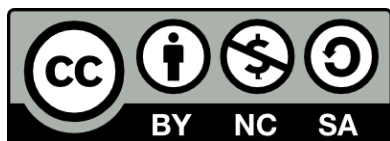
Luis Morales Carballo. Responsable de Relaciones Institucionales y Comunicación. Fundación Renovables

Meritxell Bennasar Casasa. Responsable de Relaciones Institucionales e Internacionales. Fundación Renovables

Ismael Morales López. Responsable de Comunicación. Fundación Renovables

Alexandra Llave. Colaboradora. Fundación Renovables

María Isabel Núñez García. Gerente. Fundación Renovables



Esta publicación está bajo licencia Creative Commons.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual (CC BY-NC-SA).

Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte de este siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial y no se modifique su licencia.

Fundación Renovables

(Declarada de utilidad pública)

Pedro Heredia 8, 2ª Derecha

28008 Madrid

www.fundacionrenovables.org



Índice

Resumen	4
Motivación.....	5
1. Introducción	6
2. Historia de la desalación	10
Contexto nacional	10
3. Situación actual de la desalación en España	15
4. Consumo energético de las plantas de desalación	22
Bombas de captación e impulsión	22
Pretratamiento.....	22
Bombas de alta presión durante el proceso de ósmosis	23
Recuperadores de energía	23
Postratamiento	23
Distribución	24
5. Ventajas e inconvenientes de la desalación	27
6. Transición hidrológica.....	31
Gestión de la demanda	33
Buenas prácticas de los recursos hídricos.....	36
Infraestructuras hidráulicas sostenibles	38
Transversalidad	40
7. Trabajo futuro	42
8. Conclusiones	47
Índice de ilustraciones	50
Bibliografía.....	50



Gestión sostenible de los recursos hídricos y sus posibles sinergias con las energías renovables

Resumen y motivación



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Resumen

En este proyecto de investigación, se podrá encontrar una visión general de la situación de las plantas desalinizadoras en nuestro país. Desde su funcionamiento y penetración, hasta la disrupción tecnológica que han supuesto para el actual modelo de gestión del agua. Entre las conclusiones de este destacamos **la necesidad de cambiar la forma en la que gestionamos el agua en nuestro país y la necesidad de acometer una transición hidrológica**. Así mismo, se pone de manifiesto la necesidad de evaluar todos los recursos hídricos para evitar la sobreexplotación de estos. La madurez tecnológica de las renovables en la generación de electricidad sumado al hecho de que el consumo energético de las distintas etapas que conforman el ciclo integral del agua, son eminentemente eléctricas, hacen que **las energías renovables sean un eje fundamental para reducir la huella de carbono del ciclo**, además del coste por m³ de agua facturada. Una mejor integración de las tecnologías hidráulicas con las energías renovables, teniendo en cuenta la gestión prioritaria de la demanda de los recursos hídricos, así como los numerosos aspectos y factores transversales que intervienen en la misma, contribuirá de manera decisiva a la necesaria transición hidrológica.

Motivación

Muchas de las propuestas en términos energéticos de la **Fundación Renovables** a lo largo de sus diez años de existencia deben ser trasladadas, de forma análoga, al ámbito hídrico. Al igual que consideramos la energía como un bien básico de primera necesidad, de la misma forma hay que considerar el agua. **El agua es indispensable para la vida y la energía es el recurso que más influencia tiene sobre nuestra calidad de vida.**

Es necesario un giro radical en la forma de relacionarnos con la energía y el agua y por eso, reivindicamos un cambio en el modelo energético e hídrico, que dé respuesta a la necesidad de aprovechar las posibilidades que la tecnología (renovable, principalmente) nos brinda, de manera que nuestras necesidades hídricas y energéticas, sean cubiertas bajo criterios de eficiencia, equidad y justicia intergeneracional, de forma sostenible y respetuosa con el medio ambiente para lograr un futuro sostenible. No podemos olvidar que la situación de emergencia climática en la que vivimos exige que estas transiciones estén más cerca de la disrupción tecnológica y de la ruptura con el modelo actual que de la asunción del cambio tranquilo, pues la situación actual no es ni sostenible ni competitiva por la exigencia de recursos no disponibles y por el coste que el cambio climático y la contaminación están introduciendo.

Con este trabajo de investigación queremos contribuir a abrir el debate necesario para abordar los graves problemas que tenemos planteados en la gestión y el uso del agua.



Gestión sostenible de los recursos hídricos y sus posibles sinergias con las energías renovables

Introducción



FUNDACIÓN
RENOVABLES

1. Introducción

El cambio climático, la contaminación, la sobreexplotación, el exceso de regulación y la falta de agua están provocando una **menor disponibilidad de recursos naturales**. España se seca cada vez más, regiones que no habían sufrido escasez física de agua están siendo perjudicadas por una gestión inadecuada de este bien de primera necesidad y esta situación puede agravarse con el incremento de la demanda prevista en la planificación hidrológica y por la alta vulnerabilidad de los recursos hídricos frente al cambio climático, lo que provocará una reducción de las aportaciones hídricas dada la mayor irregularidad y torrencialidad de las precipitaciones, con graves efectos sobre las reservas de agua (caudales cambiantes) y la pérdida de suelos. Como no cambiemos este escenario tendencial, se espera que, en los próximos veinte años, con las mayores repercusiones del cambio climático y el inevitable aumento de la demanda, se desemboque en un **estrés hídrico** extremadamente alto que provoque mayores dificultades para satisfacer el suministro de agua en nuestro país.

Esta mayor variabilidad del clima y la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos suponen un nuevo reto sobre la gestión del agua que requieren de una mejor administración de los recursos hídricos. Las sequías que sufrimos cada vez con mayor asiduidad son, en parte, un reflejo de que nuestra planificación hidrológica sigue sin adaptarse a la realidad climática y de que las decisiones que se toman para hacerles frente, mayoritariamente centradas en la oferta, no son efectivas. “Las sequías meteorológicas, no deben desviar la atención sobre el verdadero reto de gestión del agua al que debe enfrentarse el Estado español: la escasez crónica de agua, es decir, la demanda sigue superando la disponibilidad del recurso” [16].

Nos encontramos en el tercer y último ciclo de planificación hidrológica recogido en la [Directiva Marco del Agua \(DMA\)](#), con el que se debería alcanzar el buen estado ecológico de todas las masas de agua. En los planes hidrológicos actuales de segundo ciclo se reconoce el mal estado ecológico de casi la mitad de las masas de agua subterráneas, tanto cuantitativamente (sobreexplotación) como cualitativamente, por contaminación (principalmente por nitratos, entre otros compuestos). De igual forma, el 42% de las masas de agua superficiales (ríos y lagos) se encuentra en mal estado. Esta búsqueda de la protección y recuperación del buen estado de las masas de agua requiere de un menor uso en la actualidad y de su mantenimiento en el futuro, de acuerdo con las capacidades de renovación del ciclo hidrológico: reducción de la sobreexplotación de las masas de agua subterránea, liberación de caudales que faciliten el cumplimiento de los caudales ecológicos y evitar los incrementos de la presión extractiva en masas de agua en riesgo.

España es un país que ya ha aprovechado buena parte de su potencial hidráulico mediante numerosas infraestructuras hidráulicas que han supuesto una profunda





transformación de las cuencas hidrográficas del país. Sobre ellas descansa no sólo la garantía de abastecimiento de agua, sino también la gestión de riesgos como las sequías e inundaciones, así como la consecución de los objetivos medioambientales. Por ello, desde la **Fundación Renovables**, junto con la Universidad de Málaga, nos hemos propuesto, mediante las distintas infraestructuras hidráulicas del agua, acercarnos hacia el uso responsable y sostenible de nuestros preciados recursos hídricos naturales. Un proyecto de esta índole resulta demasiado ambicioso, por lo que este proyecto de investigación pretende ser el **punto de partida del análisis del binomio agua-energía**, centrándose en **el papel de la tecnología de desalación como solución al problema de las necesidades hídricas y por sus sinergias con las energías renovables**.



**Gestión sostenible de los recursos hídricos y
sus posibles sinergias con las energías
renovables**

Historia de la desalación



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

2. Historia de la desalación

2.1 Contexto nacional

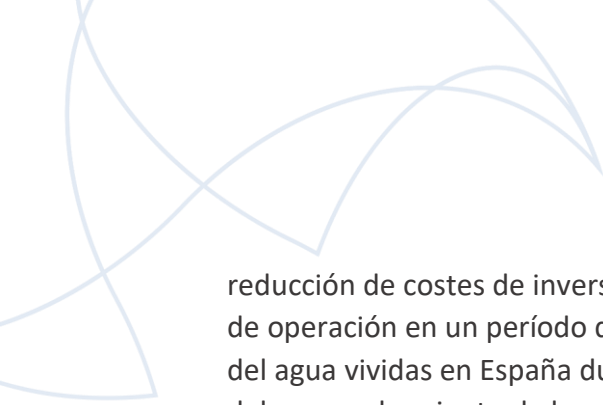
Tradicionalmente, hasta 1964, la política del agua en España se ha basado en el desarrollo de grandes infraestructuras (embalses y trasvases). A partir de entonces, con la primera **planta desaladora** de este país, en Lanzarote, se comenzó a tener en cuenta este recurso hídrico no convencional como un método más de gestión del agua.

En aquellos años sesenta y setenta, el tipo de tecnología usada para la desalinización era la **destilación multietapa (MSF)**, y dado su elevado coste de producción (derivado del consumo energético intensivo de esta tecnología), su uso se limitaba, exclusivamente, para dar solución a aquellos problemas de escasez de agua en lugares en los que no se disponía del recurso o en los que eran escasos los recursos hídricos propios, como en el caso de las islas continentales. La primera crisis internacional del petróleo en 1973 y su consecuente repercusión sobre el precio de la electricidad, y por tanto en el agua desalada, fue el estímulo determinante para mejorar los procesos de desalación con evaporación, a través de **tecnologías multiefecto (MED)** y de **compresión de vapor (VC)**. La tecnología de desalación por **Ósmosis Inversa (OI)** en la década de los 70, sólo estaba disponible para la desalación de agua salobre dado el desarrollo de las membranas. No obstante, su uso temprano en España supuso un importante repunte en el ámbito industrial, en aquellas zonas en las que la calidad del agua era escasa o mala, como ocurría en el sudeste español [1].

No fue hasta finales de los setenta y principios de los ochenta cuando aparecieron las primeras membranas capaces de soportar las altas presiones de operación necesarias para poder llevar a cabo la desalación de agua de mar, momento en el que las tecnologías de desalación térmicas habían alcanzado su techo económico, lo que supuso una revolución en la industria de la desalación, pues esta tecnología conlleva un menor consumo energético comparado con los procesos de evaporación. En 1984 se construye en Lanzarote la primera planta de OI de agua de mar en España, suponiendo un paso pionero el apostar por esta tecnología moderna de desalación. Durante esta década, la capacidad instalada en España crece por encima del resto del mundo: mientras que en el mundo se duplica, en España se multiplica por 3,5 [1].

Entrada la década de los años 90, se vive un período de sequía que dura hasta el año 1995. Un hito muy importante durante el comienzo del decenio fue la puesta en marcha de la desaladora **Las Palmas III**, una de las plantas de OI de agua de mar más grandes del mundo y la primera en incorporar un sistema de recuperación de energía, lo que implicaba una importante reducción en el consumo energético y, por ende, en el precio del agua desalada. Esta reducción del consumo, junto con la importante





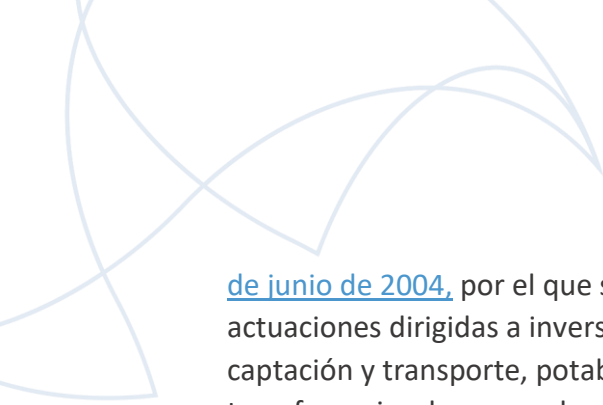
reducción de costes de inversión (principalmente por los precios de las membranas) y de operación en un período de escasez de precipitaciones y de restricciones en el uso del agua vividas en España durante esos 5 años, abrieron un debate sobre la necesidad del aprovechamiento de los recursos no convencionales (agua desalinizada y reutilización de aguas regeneradas depuradas), un debate entre aquellos que sugerían la continuidad del denominado paradigma hidráulico y los que se postulaban por la necesidad de llevar a cabo una transición en las políticas hidráulicas [2]. Este debate sigue presente en la actualidad y ha conducido a tensiones entre partidos políticos y comunidades autónomas cedentes y receptoras de masas de agua a través de los trasvases hídricos existentes.

La solución a los desfases entre la demanda y los recursos disponibles en los períodos de sequía, hasta finales del siglo XX, se basaron en la construcción de embalses para mejorar la capacidad de almacenamiento, trasvases para asegurar el abastecimiento y en perforaciones acuíferas para explotar nuevos recursos hídricos. Se primaban, por tanto, actuaciones y políticas enfocadas a generar más oferta de recursos sin intervenir en el control de las demandas cada vez mayores. Estos hechos provocaron un cambio de mentalidad en nuestro país por el que se pasó de apostar por la desalación como seguro de suministro a convertirse en **una solución a los problemas de escasez de agua**, lo que influyó enormemente en que la desalación diese el salto a las Islas Baleares y a la Península. La primera planta desalinizadora construida en la Península respondiendo a esta nueva filosofía de desalación se instaló en Marbella en 1996 [1]. En ese mismo año, la capacidad de producción de agua desalinizada en España ya alcanzaba la cifra de 500.000 m³/día (182,5 hm³/año), de los cuales el 60% se concentraba en las Islas Baleares y en Canarias [2]. A finales de esta década, mientras que en el resto del mundo los procesos de desalación representaban un 45% de la capacidad instalada, en España la desalinización por OI representaba el 82% de la capacidad total [1]. Con el fuerte descenso en el precio del agua desalada del país, la capacidad de desalación se multiplicó por cinco durante estos años.

A comienzos del nuevo siglo, según el Ministerio de Medio Ambiente, la desalinización alcanzaba una producción de alrededor de 220 hm³/año, 127 hm³ (57,72%) proporcionados por la desalación de agua salobre y 93 hm³ (42,27%) de agua de mar. El 72% del total del agua desalinizada se utilizaba para uso urbano e industrial y el restante para regadío [2]. En ese mismo año 2000, ya existían 600 mini desalinizadoras instaladas en el sureste ibérico, de las cuales el 33% eran ilegales, al no contar ni con registro ni con permiso de vertido de salmuera. Al amparo del Plan Hidrológico Nacional, la producción de agua desalinizada habría alcanzado los 266 hm³/año.

Sin duda, el mayor impulso de la desalinización en España tuvo lugar a partir del 5 de julio de 2001 con la aprobación del [Plan Hidrológico Nacional \(PHN\)](#) y, sobre todo, con el [Programa de Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua \(A.G.U.A.\) del 18](#)





[de junio de 2004](#), por el que se modificó el PHN de 2001. En este plan recogía actuaciones dirigidas a inversiones para crear nuevos embalses, conducciones de captación y transporte, potabilizadoras, depuradoras, reutilización de aguas residuales, transferencias de agua y desalinizadoras. Su medida estratégica para dar solución a los problemas derivados del déficit de recursos hídricos de la costa mediterránea era la creación de un trasvase del río Ebro por el cual se destinarían 1.050 hm³ para abastecimiento urbano y agrícola a las cuencas bañadas por el Mar Mediterráneo. El Programa A.G.U.A., propuesto por el Ministerio de Medio Ambiente y aprobado por el Gobierno de España socialista tras su acceso al poder, después de las elecciones de marzo de 2004, surgió repentinamente como una nueva política hidráulica para las cuencas hidrográficas bañadas por el Mediterráneo que iban a ser beneficiadas por el trasvase del Ebro del PHN del 2001. Este programa contaba con la construcción de 27 plantas desaladoras capaces de producir hasta un total de 500 hm³/año de agua desalada en un plazo de ejecución previsto de cuatro años. Supuso una inversión pública cercana a los 1.191M€, de los cuales más de 200M€ han sido aportados mediante el Fondo de Cohesión y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), además de préstamos suscritos por la sociedad estatal de Aguas de las Cuencas Mediterráneas (AcuaMed). Esta apuesta por la desalinización para sustituir las aportaciones del controvertido trasvase supuso la politización de la desalación en nuestro país.

La crisis financiera global de finales de la primera década del siglo XXI tuvo consecuencias en la industria de la desalación en todo el mundo, produciendo una desaceleración en la construcción de nuevas plantas. Según datos recogidos en [2], la capacidad de producción en el año 2007 era de 1,5 hm³/día (547,5 hm³/año) en aproximadamente 900 instalaciones, es decir, tres veces más que en 1996 y el doble que a principios del 2000. Dos años más tarde, en 2009, según fuentes del Ministerio de Medio Ambiente, se elevaba la capacidad de producción instalada a 2,7 hm³/día (985 hm³/año), de los cuales el 70% correspondían a la desalinización de agua marina y el 30% de aguas salobres. Este volumen de agua solamente representaba el 3% del consumo total de agua en España, siendo más significativo a medida que pasan los años sobre todo a nivel de consumo urbano ya que en el año 2010 suponía un 13% del consumo hídrico en las ciudades. Sin embargo, esta tendencia al alza se paró por la bonanza pluviométrica de los años 2011, 2012 y 2013 cuando se redujo el consumo de agua total y por tanto el estrés de los recursos hídricos convencionales.

Según datos de la Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR), en 2014 existían un total de 900 instalaciones, cuyas capacidades de producción oscilan entre 100 m³/día y más de 100.000 m³/día, sumando una capacidad total aproximada de 1,2 millones de m³/día (438 hm³/año), de los cuales el 58,3% provienen de desalación de agua de mar y el resto, de acuíferos (agua salobre). Según esta misma asociación, para el año 2018 se contabilizan un total de 765 plantas desaladoras instaladas con



producciones superiores a los 100 m³/día de las cuales 360 son de agua de mar y 405 de agua salobre. En relación con su producción, 99 son de gran capacidad (considerando aquellas plantas con una producción de entre 10.000 m³/día y 250.000 m³/día), 68 de agua de mar (EDAM) y 31 de agua salobre (EDAS). Las plantas de capacidad media (entre 500 m³/día y 10.000 m³/día) son un total de 450 (207 de agua de mar y 243 de agua salobre) y las plantas de pequeña capacidad (entre 100 m³/día y 500 m³/día) ascienden a un total de 216, de las que 85 son de agua de mar y 131 de agua salobre.

	N.º PLANTAS	GRAN CAPACIDAD	MEDIA CAPACIDAD	PEQUEÑA CAPACIDAD
EDAM	360	68	207	85
EDAS	405	31	243	131
TOTAL	765	99	450	216

*Ilustración 1. Plantas desaladoras y desalobradoras en España. Febrero de 2018.
Fuente: AEDyR [1].*

2.2 Contexto internacional

Existen 15.906 plantas desaladoras operativas en el mundo de las cuales el 84% emplean tecnologías de membrana por OI. La capacidad total de desalinización es de aproximadamente 95,37 millones de m³/día (34,81 mil millones de m³/año) y la de producción mundial de salmuera alcanza los 141,5 millones de m³/día, totalizando 51,7 mil millones de m³/año [3].

España ocupa actualmente el cuarto puesto mundial con relación a la capacidad instalada, estando sólo por detrás de Arabia Saudí, Estados Unidos y Emiratos Árabes Unidos. El uso generalizado de la desalinización en España representa más de la mitad de la desalinización total en Europa occidental [3]. Alrededor de 5 millones de metros cúbicos de agua al día se desalan para abastecimiento municipal, riego y uso industrial. Al igual que en el resto del mundo, el principal uso del agua desalada está destinado al uso municipal, aunque el uso industrial y, sobre todo el agrícola, son consumidores de agua para nada despreciable en nuestro país con respecto a otros (un 22% del consumo en uso agrícola frente al 3% de media mundial) [4]. Este hecho hace que la desalación de pequeña y mediana capacidad tenga un peso importante al existir numerosas plantas de pequeña capacidad repartidas por todo el territorio nacional.



**Gestión sostenible de los recursos
hídricos y sus posibles sinergias con las
energías renovables**

**Situación actual de la desalación en
España**



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

3. Situación actual de la desalación en España

La desalación ha evolucionado en España de forma continuada debido, principalmente, al grave desequilibrio entre los recursos hídricos y la irregular pluviometría de nuestra geografía, particularmente en las comarcas pertenecientes a la región climática del sureste ibérico, caracterizadas por una escasez de recursos hídricos condicionada por el clima (elevada exposición solar y vulnerabilidad frente a las sequías) y el estrés hídrico (agricultura intensiva de regadío e infraestructura turística) que agravan esta situación de déficit.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el consumo de agua necesario para cubrir las necesidades básicas del día a día de una persona es de unos 50 litros. La media nacional de gasto de agua según el Instituto Nacional de Estadística (INE) se sitúa en 132 litros persona/día (por encima del límite superior establecido por la OMS de 100 litros por habitante y día como consumo ecológico de agua) mientras que la de un turista puede llegar a ser de entre 300 y 800 litros al día [5]. Esta es una de las razones principales por las que el uso medio de agua por habitante en los municipios turísticos es sustancialmente superior al de los municipios en donde la población estacional no es significativa.

Número de turistas según CC.AA. de destino principal

Año 2019



Mapa: Fundación Renovables • Fuente: INE • Creado con Datawrapper

CC.AA.	Turistas
Cataluña	19.358.203
Illes Balears	13.680.923
Canarias	13.147.009
Andalucía	12.079.017
Comunitat Valenciana	9.566.566
Comunidad de Madrid	7.638.375
Galicia	1.634.517
País Vasco	1.631.932
Castilla y León	1.309.549
Región de Murcia	1.055.610
Aragón	549.753
Extremadura	472.675
Comunidad Foral de Navarra	420.765
Cantabria	414.089
Principado de Asturias	329.689
Castilla-La Mancha	263.764
La Rioja	141.889
	83.694.325

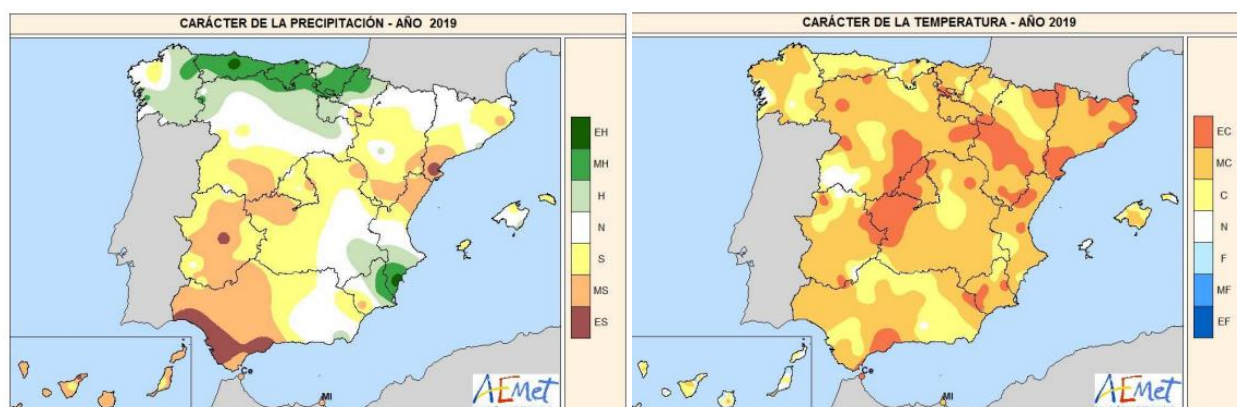
*Ilustración 2. Número de turistas por CC.AA. de destino principal.
Fuente: INE.*

En la Ilustración 2 se pueden observar las comunidades autónomas (CC.AA.) con el mayor número de turistas acogidos en 2019. Las cinco primeras se localizan en la costa



mediterránea y en los archipiélagos. Murcia, la otra CC.AA. bañada por este mar, ocupa la décima posición de las 17 CC.AA. que forman este país en cuanto a turismo se refiere (no se tienen en cuenta las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla). Sin embargo, en esta región se encuentra la llamada **huerta de Europa**, denominación recibida por ser el mayor productor y exportador de productos hortícolas de Europa, de forma que del 20% del total de las exportaciones nacionales, la Unión Europea (UE) recibe el 93% de las mismas [6].

Estas regiones resultan ser las más cálidas, con mayores temperaturas y horas de sol y con menores recursos hídricos. No es casualidad que sean las principales CC.AA. con mayor turismo. El clima es lo que resulta más atractivo para el turismo y para la producción agrícola, coincidiendo los períodos de mayor ocupación turística con las estaciones del año que mayores horas de sol tienen y en las que menores precipitaciones se recogen. Estos territorios han presenciado numerosas e importantes transformaciones territoriales debido a la creciente actividad turística y residencial que, a su vez, han supuesto un motor de desarrollo económico para estas regiones. A este crecimiento de la superficie urbanizada y de la población (censada, flotante y turística) se suma la demanda de recursos, como el del agua, un bien de primera necesidad imprescindible para atender estos consumos urbano-turísticos y agrícolas.



*Ilustración 3. Mapas de precipitaciones y climatología.
Fuente: AEMET.*

El agua ha condicionado el desarrollo socioeconómico de estas zonas, lo que, a la vez, se ha traducido en una mayor demanda del recurso, demanda que, en algunos casos, ha llevado al abuso de los recursos hídricos naturales disponibles. La creciente sobreexplotación, contaminación y, por ende, degradación de los acuíferos puede acarrear consecuencias muy negativas para el desarrollo de las provincias si no se toman las medidas adecuadas para prevenirlo, consecuencias que, por desgracia, es una realidad evidente en algunas zonas de España.

El agua subterránea es un recurso muy vulnerable y susceptible de ser contaminado como consecuencia de las actividades llevadas a cabo por el ser humano. La extracción de agua de los acuíferos a un ritmo superior al de infiltración o recarga natural puede llevar al caso extremo de agotamiento y ruptura de los cursos de agua naturales. Son fruto de diversos factores que en la inmensa mayoría de los casos tienen un origen antropogénico: déficit hídrico de la región que puede desencadenar una extracción intensiva para su uso en riego, infiltración de nitratos de los fertilizantes nitrogenados, abonos y otros agentes agrícolas de los cultivos intensivos, infiltración de aguas residuales, disolución de terrenos salinizados, intercomunicación de diferentes acuíferos estratificados e, incluso, la intrusión marina en los acuíferos cercanos al mar, por la extracción artificial de agua que favorece la intrusión de agua marina, contribuyendo a la salinización del acuífero.



Ilustración 4. Distribución geográfica de los focos contaminantes de las distintas actividades en España.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) [29].

La degradación de los acuíferos debido a su creciente contenido en sales produce un encarecimiento progresivo de la producción, lo que está provocando un **basculamiento por parte del sector agrícola hacia aquellos cultivos más resistentes a la salinidad del agua**, que, llegado un caso extremo, podría provocar una saturación del mercado, con la consiguiente pérdida de rentabilidad para el sector. Las consecuencias de este problema no sólo perjudican el medioambiente, sino que afectan al bienestar de la población, pudiéndose producir un colapso en el desarrollo de la región, afectando gravemente al sector agrícola e industrial local.



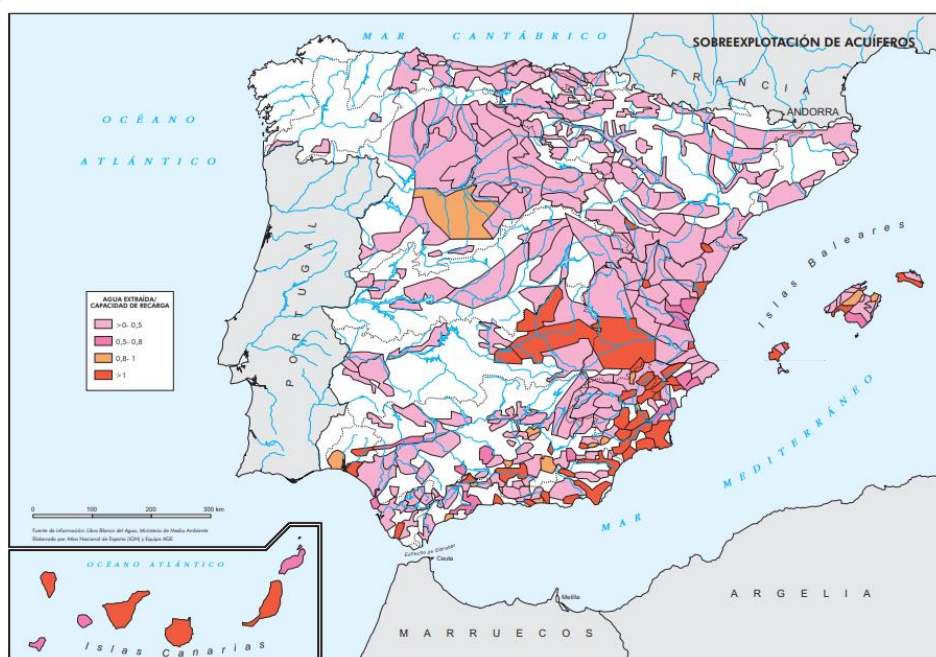


Ilustración 5. Mapa de la sobreexplotación de acuíferos en España. Proporción de agua extraída respecto a la capacidad de recarga en tanto por uno.
Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) [7].

Las subcuencas más sobreexplotadas del territorio nacional se sitúan en el tercio sureste de la península y en ambos archipiélagos, coincidiendo con las regiones en las que el balance hídrico es más desfavorable [7]. Los acuíferos sobreexplotados situados junto a la costa son más propensos a la intrusión salina de agua de mar, suponiendo un riesgo adicional de salinización del acuífero y, por tanto, de la calidad de sus aguas.

El caso de “el mar de plástico”, en Almería, es un claro ejemplo de esta situación y no es de extrañar que una de las zonas más desérticas de España llegara a convertirse en el huerto de Europa. Desde el comienzo de la extracción de agua de las aguas subterráneas de la zona, comenzaron a instalarse invernaderos de una forma exponencial, siendo todos ellos abastecidos por este mismo recurso natural. El resultado de este modelo ha provocado el desgaste de los acuíferos, sobre todo en la comarca del Poniente Almeriense, dónde se encuentran la mayor parte de estos invernaderos. Ante esta situación, los agricultores de Almería han puesto de manifiesto su intención de proteger y recuperar estas aguas subterráneas reduciendo su dependencia actual del 72% para consumo agrícola mediante la reducción de la demanda por debajo de los límites de recarga natural y su sustitución por recursos desalinizados y/o regenerados por las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR). Entre otras medidas se baraja la posibilidad de construir una planta desalobradoradora con una capacidad de 20-25 hm³/año, capaz de satisfacer las necesidades hídricas de los agricultores [8].



Estas plantas desaladoras de agua salobre, conocidas como desalobradoras, generalmente se nutren de estos acuíferos cuya calidad se ha ido degradando paulatinamente. **Desalar este agua permite acondicionar su calidad para su uso agrícola e, incluso, humano.** No obstante, la desalinización, conlleva una producción de “salmuera” de forma simultánea con el agua desalada que, dependiendo de las soluciones adoptadas para su gestión (vertido de nuevo al acuífero, al mar, salinas, ramblas o cauces cercanos o, en el mejor de los casos, en salmueroductos), su uso puede repercutir en su degradación. A priori, estos recursos pueden ser una solución magnífica dentro de un sistema hidráulico, pero también puede convertirse en un serio problema. Por tanto, debe estudiarse concienzudamente dónde colocar este tipo de instalaciones y cuándo y cuánta agua desalada se debe producir teniendo en consideración su repercusión sobre el medio natural.

En España el estudio de los recursos hidrológicos, su gestión y el uso de las aguas se lleva a cabo cada seis años en los **Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC)**. En el horizonte 2015 la demanda de agua total en España ascendió a 30.792,67 hm³/año, de los cuales el 81% correspondían a usos agrarios, el 16% para abastecimiento de los núcleos de población y el 3% a las industrias no conectadas a redes urbanas. En cuanto a la distribución de la demanda de agua desalada en nuestro país se encuentra prácticamente en su totalidad en las cuencas bañadas por el Mar Mediterráneo y en los archipiélagos. De entre ellos podemos destacar el Plan Hidrológico de la demarcación del Segura, en el que se recoge una mayor demanda: 35,4% del total en 2015-2021, seguido de Gran Canaria (17,5%), Fuerteventura (17,3%) y las Cuencas Andaluzas (9,8%).



Demarcación Hidrográfica	Recursos no convencionales (hm ³ /año)		
	Desalación	Reutilización	Total
Cantábrico Oriental	0,00	2,58	2,58
Cantábrico Occidental	0,00	0,00	0,00
Galicia Costa	0,00	0,00	0,00
Miño - Sil	0,00	0,00	0,00
Duero	0,00	0,00	0,00
Tajo	0,00	10,00	10,00
Guadiana	0,00	2,01	2,01
Tinto, Odiel y Piedras	0,00	0,00	0,00
Guadalquivir	0,00	15,40	15,40
Guadalete y Barbate	0,00	9,84	9,84
Cuencas M. Andaluzas	43,59	27,43	71,02
Segura	158,00	82,60	240,60
Júcar	3,50	121,49	124,99
Ebro	0,00	4,80	4,80
Cuenca F. de Cataluña	16,70	7,96	24,66
Islas Baleares	15,26	26,84	42,10
Melilla	7,40	0,96	8,36
Ceuta	7,30	4,40	11,70
Lanzarote (*)	19,30	0,65	19,95
Fuerteventura (*)	77,12	6,08	83,20
Gran Canaria (*)	77,91	12,70	90,61
Tenerife (*)	18,26	11,13	29,39
La Gomera (*)	0,01	0,74	0,75
La Palma (*)	0,00	0,00	0,00
El Hierro (*)	1,37	0,02	1,39
TOTAL	445,72	347,63	793,35

Ilustración 6. Recursos no convencionales recogidos en el Plan Hidrológico actual (2015-2021).

Fuente: MITECO.



**Gestión sostenible de los recursos hídricos y
sus posibles sinergias con las energías
renovables**

**Consumo energético de las plantas de
desalación**



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

4. Consumo energético de las plantas de desalación

Las desaladoras construidas en España desde hace años han sido prácticamente de Ósmosis Inversa (OI), por eso, de ahora en adelante nos referiremos exclusivamente a este tipo de tecnología de desalación. Una planta de desalación por OI recibe este nombre por el principio que impulsa el proceso; la **ósmosis inversa**. El proceso de ósmosis es un proceso natural que se produce de forma espontánea al separar mediante una membrana semipermeable dos disoluciones con distinta concentración. Dicho proceso tiende a igualar las concentraciones de soluto de las dos disoluciones por dilución, mediante un trasvase de agua a través de la membrana que los separa desde la solución menos concentrada a la que más concentración tiene. Este proceso puede ser invertido mediante la aplicación de una presión externa sobre la solución más concentrada, consiguiendo revertir el flujo y, por tanto, **extraer el agua pura de una solución concentrada**. La presión externa necesaria para impulsar este proceso depende de la presión osmótica asociada a la disolución sobre la que se aplica que, a su vez, depende de su concentración de sales. De forma teórica, la presión osmótica de una disolución es aquella que, aplicada sobre sí misma, pone en marcha el proceso de ósmosis inversa. Sin embargo, es preciso trabajar a presiones de trabajo mucho más elevadas para obtener un flujo de agua producto lo suficientemente interesante para que resulte rentable su producción, típicamente entre 65 y 70 atmósferas.

A continuación se describen los distintos procesos que suponen un consumo energético por parte de los equipos de la planta:

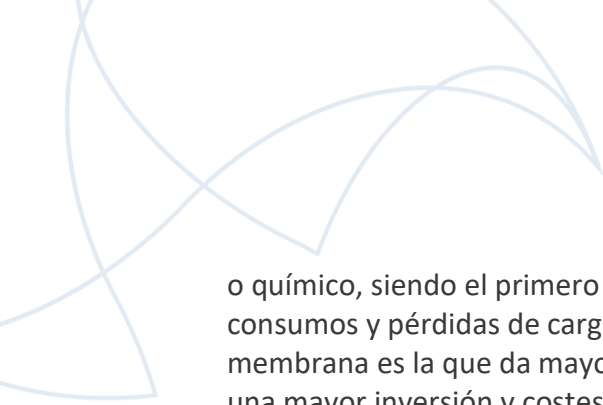
4.1 Bombas de captación e impulsión

El agua que tratar debe ser captada de las masas de agua del medio natural y transportada hasta la planta desalinizadora mediante bombas de baja presión accionadas por motores eléctricos. Es frecuente el uso de las bombas que realizan ambas funciones de captación y de impulsión hasta la ubicación de la desaladora. Los consumos son diversos y dependen de la distancia al mar y de la cota en la que se sitúa la instalación. El consumo energético en la etapa de captación e impulsión de la planta varía entre 0,03 kWh y 0,3 kWh por m³ de agua de aporte [9].

4.2 Pretratamiento

Una vez llega el agua a la planta, esta debe ser necesariamente pretratada antes de someterla al proceso de ósmosis debido a la sensibilidad de las membranas de la instalación ante la incrustación y el ensuciamiento, lo que impone una alta calidad del agua de alimentación para garantizar así un funcionamiento y rendimiento estable a largo plazo. El alcance del pretratamiento depende además de la calidad del agua, de la ubicación de la planta y del sistema de captación. El **pretratamiento** puede ser físico





o químico, siendo el primero el responsable del consumo energético al inducir consumos y pérdidas de carga mediante filtración mecánica. En este sentido, la de membrana es la que da mayor vida útil, estabilidad y menor huella en contraposición a una mayor inversión y costes operativos en la etapa de pretratamiento. El proceso de filtración representa un consumo energético aproximado de entre 0,15 kWh y 0,20 kWh por m³ de agua de aporte. La repercusión de los consumos de las dos etapas anteriores oscila entre 0,48 kWh/m³ y 0,77 kWh/m³ de agua producto. Los costes energéticos asociados a la admisión, impulsión y pretratamiento son mucho menores que los del proceso de desalinización en sí, pero bastante significativos. Esto se debe a que los procesos de captación y pretratamiento afectan a la totalidad del agua captada, de la que, generalmente, la mitad o un poco más de la mitad (dependiendo del factor de recuperación de la planta) se devuelve al mar con una concentración superior (salmuera). Esta energía aplicada en los procesos de captación y pretratamiento para finalmente ser desechada en el vertido de salmuera repercute sobre el coste energético del agua final.

4.3 Bombas de alta presión durante el proceso de ósmosis

La demanda eléctrica de los motores eléctricos que accionan las bombas de alta presión para proporcionar esa presión continua necesaria durante el proceso de OI es el principal consumo energético de la planta. **El consumo ideal en la fase de ósmosis inversa está alrededor de 2 kWh/m³** aunque, generalmente, suele ser mayor.

4.4 Recuperadores de energía

Gran parte de la energía suministrada por la bomba de alta presión reside en la corriente de concentrado o de rechazo. La energía contenida en esta corriente es proporcional a la diferencia de presión entre la alimentación e inversamente proporcional a la recuperación. Por ello, se emplean dispositivos de recuperación de energía (ERD) para recuperar parte de esta energía aplicada, contenida en la salmuera, que, de otro modo, se desperdiciaría. **Los sistemas de recuperación más empleados son los turbocompresores y los intercambiadores de presión**, cuya finalidad es la de aprovechar la energía contenida en la salmuera en forma de presión para poder reducir parte del consumo de la bomba de alta presión para realizar el proceso de ósmosis inversa al agua de alimentación y reducir así sustancialmente los requisitos de energía de una planta de OI.

4.5 Postratamiento

El agua desalinizada, una vez permeada a través de la membrana, no se ajusta ni a los estándares de agua para consumo humano ni a los de riego, por lo que una vez permeada, **el agua producto debe ser sometida a ciertos postratamientos para ajustar sus propiedades a los estándares establecidos** y asegurar así la calidad del



producto en su uso final. Estas operaciones no requieren consumos energéticos significativos pues su tratamiento suele ser de tipo químico.

4.6 Distribución

Los consumos de energía correspondientes a la distribución no se deben adscribir al proceso de desalación, sino que son asumidos por la red de distribución de agua en alta como en cualquier otro proceso de potabilización. Esta se encarga de conducirla desde la instalación hasta el depósito de cabecera de la red de distribución en baja.

La desalinización es una de las soluciones más adoptadas para suplir las carencias hídricas de una región. Sin embargo, a pesar de ser una tecnología con más de 40 años de historia, todavía existen desafíos con respecto sus costes económicos (todavía relativamente altos) y una variedad de problemas ambientales asociados al volumen de salmuera producida en el proceso de desalinización. Por este motivo, a pesar de ser una tecnología bastante dominada, **es necesario, un refinamiento tecnológico para obtener un agua de mejor calidad y al menor coste e impacto ambiental posible.**

Fruto de esta situación, cada vez más se están investigando nuevos *retrofits* para mejorar la eficiencia de las plantas desalinizadoras existentes y reducir así, aún más, el consumo energético y sus emisiones indirectamente asociadas.

Las posibilidades de mejora de los rendimientos de los equipos implicados en el proceso de desalinización son cada vez más reducidas y, por tanto, solo supondrían una pequeña reducción en el consumo energético final de la planta. Sin embargo, todavía existen márgenes de actuación en varias de las etapas del proceso de desalinización como en el pretratamiento, en la integración de energías renovables para satisfacer la demanda energética de la planta, en la gestión de la salmuera, en el desarrollo de tecnologías de membranas y de sistemas de recuperación de energía entre otros, que proporcionan oportunidades para reducir el consumo energético y, por tanto, los costes económicos de la desalinización. El objetivo es el de aproximarse a un consumo de 2 kWh/m³ en la fase de ósmosis inversa (2,5 kWh/m³ de consumo global) que es considerado como el “límite absoluto de la ósmosis inversa industrial con agua del Mediterráneo” [9].

Las plantas ejecutadas a partir del 2004 con el programa AGUA ya incorporan sistemas de recuperación de energía avanzados, con lo que se consigue alcanzar unos consumos específicos en la etapa de OI próximos a los 2 kWh por cada metro cúbico desalinizado [10]. **La media del consumo energético final de una planta desaladora de agua por ósmosis inversa es del orden de 3 kWh/m³ - 3,5 kWh/m³** [11] aunque el consumo individual de cada planta dependerá de la vanguardia tecnológica con la que esté equipada. Sin embargo, no hay que olvidarse de que el principal coste en la producción de agua desalada es eléctrico, ejerciendo una presión notable sobre el precio final del agua producto, dependiendo de los precios de la electricidad. La electricidad es, por tanto, el componente de mayor coste durante la operación de una planta de desalinización por OI, situación que podría resolverse mediante el uso de energías renovables y, en especial, de la solar fotovoltaica por tratarse de una tecnología



modular, distribuida, de recurso disponible conocido y diurno y por su competitividad con respecto a otras fuentes.

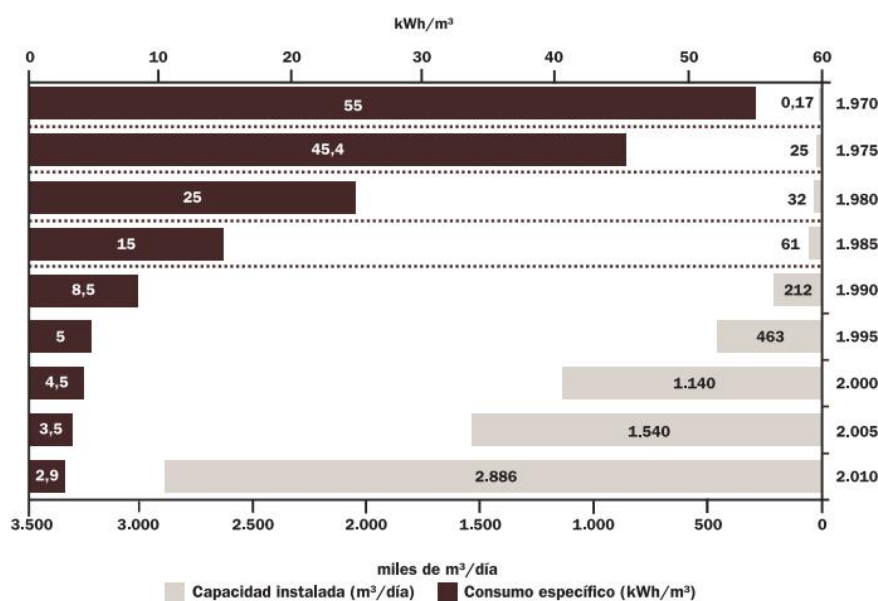


Ilustración 7. Evolución de la relación entre capacidad instalada y consumo específico de las plantas desalinizadoras en España.

Fuente: CEDEX.



**Gestión sostenible de los recursos hídricos y
sus posibles sinergias con las energías
renovables**

**Ventajas e inconvenientes de la
desalación**



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

5. Ventajas e inconvenientes de la desalación

Disponer de un recurso de agua fiable es necesario para el crecimiento demográfico, el desarrollo industrial y el turismo de un país. El crecimiento continuo de la población y de sus actividades han llevado a un aumento de la demanda de este recurso natural, llegando, en muchos casos, a una importante disminución de la cantidad, accesibilidad y/o calidad de los recursos hídricos naturales disponibles en muchas regiones. En estas situaciones surge una fuerte competencia por el agua entre estas actividades que pueden conducir a una restricción en el desarrollo económico, a la vez que, a precios del agua más elevados, provocando problemas sociales y una amenaza al bienestar general de un país bajo condiciones de estrés hídrico.

Los recursos de agua convencionales como la lluvia, el derretimiento de nieve y las extracciones de agua en lagos, ríos y acuíferos, pueden, hoy en día, no ser suficientes para satisfacer la demanda en áreas con escasez de agua. Sin embargo, **recursos no convencionales como la desalinización, pueden extender los recursos hídricos de una región más allá de los disponibles por los ciclos hidrológicos**. Esta fuente de recursos segura a largo plazo es capaz de compensar cualquier déficit de agua, con una flexibilidad de producción que le permite ajustarse a la disponibilidad de otros recursos y a los episodios de sequías, independientemente del clima, las variaciones naturales del ciclo hidrológico, el cambio climático o las tensiones territoriales y políticas a las que están sujetas los trasvases. Además, puede contribuir no sólo a mejorar la seguridad del agua y su garantía de suministro, sino también a prescindir, y por tanto a proteger, de los recursos hídricos convencionales de trasvases y acuíferos sobreexplotados o degradados.

La desalinización puede suponer el final de la escasez de agua, pero, no obstante, se introduce un nuevo concepto, denominado **escasez socio-económica**, referido a la imposibilidad de algunos usuarios de acceder a estos nuevos volúmenes de agua. El coste del agua desalada en España está alrededor de los 0,6 €/m³ [12] para instalaciones de más de 50.000 m³/día, siendo algo mayor para plantas de menor tamaño por efectos de la economía de escala. Podemos decir, por tanto, que el precio del agua desalada se encuentra en torno a los 0,6-1 €/m³. En una actividad económica como es la agricultura extensiva, en la que el agua es su principal materia prima y que requiere de un consumo elevado de esta, su rentabilidad económica final depende en gran medida del precio del agua. Según los regantes “el precio máximo no debería ser nunca superior a los 0,3 €/m³, a los que hay que añadirles otros 10 céntimos adicionales para la puesta a pie de parcela (0,40 €/m³)” [13]. Sin embargo, sí que existen algunos casos de agricultura intensiva de cultivos de alto valor añadido (elevado rendimiento por metro cúbico de agua empleado) en los que se puede obtener rentabilidad regando con agua desalada. Este tipo de agricultura, además, permite utilizar agua de una calidad más adecuada (dada la posibilidad de adaptar las características del agua), mejorando los rendimientos de los diferentes cultivos [1].





Esta cualidad también es aprovechada por muchas industrias en las que, el agua exige unos requisitos muy específicos, pasando de ser una materia prima más a convertirse en un producto elaborado.

El uso industrial y, sobre todo, el municipal para abastecimiento urbano, sí pueden costearse el precio del agua desalada, aunque siempre preferirán el proveniente de los recursos naturales al afectar significativamente a la factura del agua. La respuesta sobre la cantidad y los usos del agua desalada hoy en día está muy relacionada con el coste de esta, pues de las plantas desalinizadoras incluidas en el Programa AGUA, todavía existen algunas que no se han puesto en marcha y del resto, algunas se encuentran paralizadas o muy por debajo de su capacidad máxima de producción. Esto se debe a la falta de clientes, pues ni los agricultores pueden pagar ese precio prohibitivo ni los alcaldes de los municipios están dispuestos a aceptarlo.

En la mayoría de los casos es necesario financiar parte de los costes de producción para poder dar uso a este recurso no convencional y es por esto que “el coste del agua desalada suele estar en muchos casos enmascarado por subvenciones y beneficios cruzados con otros productos, en especial el de la energía” [12]. Mientras que el coste del agua desalada ha ido disminuyendo conforme ha ido reduciendo su consumo energético, el del agua potable ha ido aumentando. Los procesos de desalinización requieren de mucha energía en comparación con la explotación de los recursos hídricos naturales. En estos la demanda de energía se concentra prácticamente en el proceso de bombeo del agua desde la fuente al consumidor, por lo que el consumo eléctrico repercute en menor medida sobre el precio final del agua en comparación con los de desalinización.

Las nuevas técnicas empleadas y las mejoras realizadas en las plantas desaladoras (membranas, recuperación de energía, productos químicos, mantenimiento...) han generado una disminución muy importante del coste total del agua desalada. Sin embargo, **para conseguir un precio del agua desalada más competitivo** con las plantas ya construidas, **es necesario utilizar energía más barata, es decir, energías renovables**, ya sea con una instalación de autoconsumo o mediante los vertidos de las energías renovables. Otra medida asequible y sencilla, con una repercusión positiva en la tarifa del agua desalada, sería la de **ampliar el plazo de amortización** de la planta de OI de los 15 años (previsión de vida tecnológica proyectada) a los 25 o 30 años [12].

La desalación en España ha tenido y sigue teniendo un importante impacto socioeconómico al impulsar los distintos sectores de la economía, permitiendo el desarrollo de industrias, cultivos, residencias y turismo en zonas en las que por escasez y/o por falta de calidad del agua, no eran adecuadas. Una producción de agua ilimitada conlleva una cierta responsabilidad que debe ser gestionada correctamente para no fomentar ciertos hábitos y prácticas insostenibles a largo plazo, pues también se trata de una tecnología con una huella ambiental marcada: contaminación acústica, consumo de energía, descarga de salmueras en el ecosistema marino, así como la





gestión de los residuos de los módulos de membranas y la ubicación del emplazamiento, entre otros. El porcentaje de la energía final que consumen las plantas desalinizadoras del mundo es del 0,4% [14] con su respectivo impacto medioambiental por fuente de energía no renovable consumida. Para mitigar este impacto en la atmósfera **será indispensable la transición hacia tecnologías de desalinización por OI y una mayor cobertura de la demanda eléctrica con energías renovables.**

Aunque los sistemas de captación de agua de mar también producen un impacto en el ecosistema marino, la descarga de salmuera es, sin duda, la que tiene un mayor impacto en las especies acuáticas. Las plantas desaladoras son emisoras de un agua rechazo (salmuera) caracterizada por una concentración de sales superior a las masas de agua dónde es vertida. Una mayor salinidad produce un estrés osmótico en las especies marinas debido a la mayor concentración de iones disueltos en el agua de mar en comparación con sus líquidos corporales. Este proceso está acompañado por una degradación significativa de poblaciones, así como la migración de las especies lejos del emisario de vertido. Además de una concentración superior, el agua devuelta al mar presenta una cierta cantidad de productos químicos tóxicos residuales empleados durante el proceso de desalinización como los antiincrustantes o anticoagulantes. Si bien la mayor parte del volumen de salmuera producida en España se encuentra en ubicaciones costeras, existe una cantidad importante (1,01 millones de m³/día) [3] que es producida en el interior de la península, ocasionando un agravante para su gestión, tanto económica (la opción de eliminarla en el mar es la más económica) como medioambiental (al poner en riesgo la degradación de los acuíferos en los que normalmente se vierten las salmueras producidas durante el proceso).



Gestión sostenible de los recursos
hídricos y sus posibles sinergias con las
energías renovables

Transición hidrológica



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

6. Transición hidrológica

La **Fundación Renovables** defiende la sostenibilidad en el sentido más amplio de la palabra y, por tanto, considera necesaria una transición hidrológica justa “para obtener un equilibrio entre la presión ejercida por las actividades y la conservación de nuestros recursos hídricos en buen estado, tanto en el presente como para las generaciones futuras”, que identifique la vulnerabilidad de todos los implicados, adaptada a los requisitos sociales, ambientales y jurídicos actuales. Considerando la presión actual sobre los recursos hídricos, los escenarios de cambio climático y el estado actual de las masas de agua en España **no podemos permitirnos perder la oportunidad de generar un cambio real en la definición de las políticas públicas del agua**. Los planes hidrológicos constituyen esta oportunidad para emprender las primeras medidas hacia esa transición hídrica, adaptada a una situación con una menor disponibilidad de agua y mayores exigencias de conservación de unos ecosistemas sometidos a un estrés acrecentado.

Respecto a las consecuencias del cambio climático, se sigue considerando las sequías como una anomalía excepcional, lo que se ve reflejado en los Planes Especiales de Sequía (PES) de los Organismos de cuenca, en los que sólo se recogen medidas excepcionales paliativas, como la explotación de pozos de sequía o la cesión de derechos concesionales. **Los planes hidrológicos de cuenca deberán adaptarse a la realidad climática del territorio para dar una respuesta estratégica de prevención, adaptación y mitigación del cambio climático, a la emergencia ambiental climática y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible**. Para ello, se deberán integrar las sequías como un factor propio del clima y no como si se tratase de episodios excepcionales e imprevisibles, incorporando una previsión anticipativa a la incertidumbre de los efectos del cambio climático relativos al impacto sobre los recursos disponibles, la variabilidad inter e intra anual de las precipitaciones, los riesgos de inundación derivados del aumento de los episodios de lluvias torrenciales y los efectos derivados de la subida del nivel del mar [15]. Estas consideraciones sobre los recursos hídricos disponibles contribuirían a una no sobreestimación en la cuantificación de los mismos acorde al principio de precaución en relación con las expectativas hídricas.

Esta realidad climática requiere de nuevas respuestas de adaptación hacia un cambio en la manera en la que gestionamos este recurso esencial para la vida. Para ello, deberíamos desprendernos del enfoque productivista convencional del agua centrado en la gestión hidrológica desde la oferta (nuevas asignaciones de recursos y desarrollo de nueva obra hidráulica) basado en la consideración del agua como un mero recurso para un modelo económico de visión cortoplacista. En un país en el que ya se ha aprovechado buena parte de su potencial hidráulico, estas respuestas (generalmente poco eficientes y con costes ambientales y económicos crecientes), han ido asociadas a un incremento de la demanda, siendo el principal desencadenante del estado actual de las masas de agua. **La gestión hidrológica debe realizarse por tanto desde el lado**



de la demanda para equilibrar la oferta de forma integrada con visión de largo plazo y con un enfoque sostenible, rompiendo así con la inercia del incremento de la demanda asociada a la gestión desde el lado de la oferta.

La gestión del agua afecta a intereses sociales y económicos muy diversos (abastecimiento de poblaciones, actividades turísticas, regadío y ganadería, producción de electricidad, etc.). El objetivo final de preservación del buen estado ecológico de los ecosistemas acuáticos es fundamental “no solo por obligación normativa, sino por ser la única salida que asegura la protección de la salud humana, el suministro de agua, los ecosistemas naturales y la biodiversidad y sus servicios, y la propia producción de alimentos, todo en su conjunto” [16]. Será necesario desprenderse de los intereses actuales de unos pocos colectivos (agricultores, empresas hidroeléctricas...) que pueden ralentizar este cambio, pues una buena adaptación a la realidad climática supone un beneficio común, estando en juego el bienestar, el desarrollo y la salud de las personas.

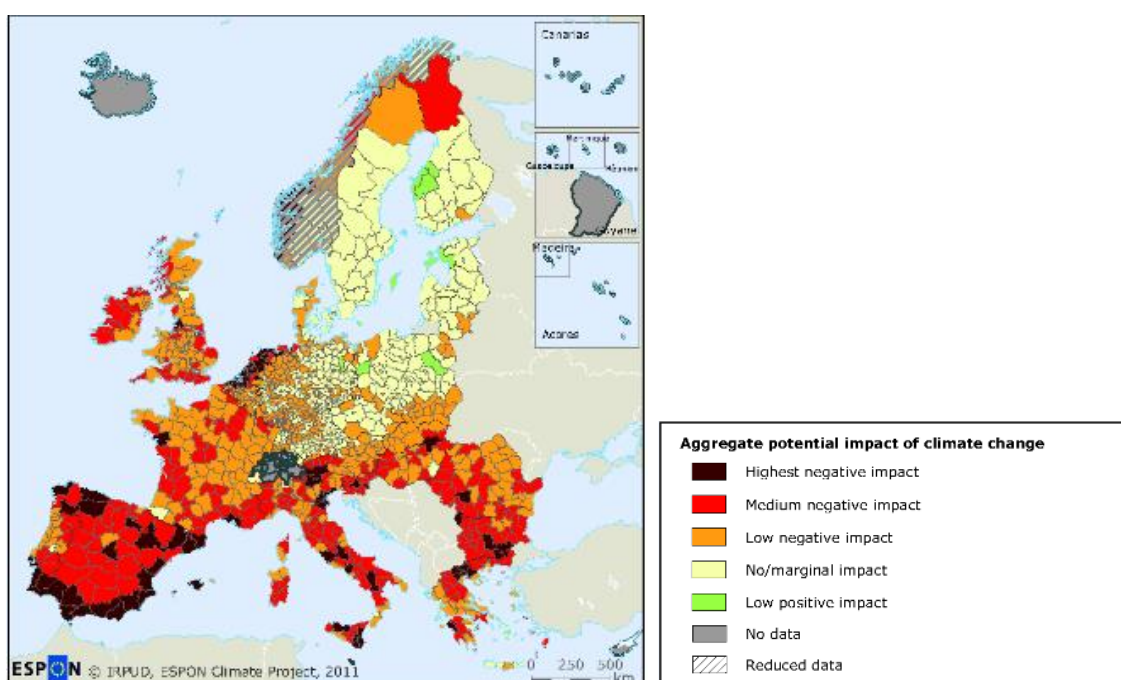


Ilustración 8. Impacto potencial del cambio climático en Europa.
Fuente: European Environment Agency [28].



6.1 Gestión de la demanda

La primera gran gestión de los recursos hídricos naturales pasa por **redimensionar las demandas de agua en las cuencas hidrográficas** para reducir lo máximo posible la demanda de aquellas actividades poco eficientes y sostenibles en el uso del agua. Para ello, deberemos hacer un análisis de los principales sectores consumidores de agua.

El sector agrario es el principal usuario de agua, representa entre el 75% y el 80% de la demanda consuntiva total de agua en España, con importantes variaciones regionales. La actividad agraria intensiva ha provocado graves impactos ambientales en los recursos naturales que han repercutido en otros sectores de la economía, entre los que destacan la sobreexplotación y la degradación de ecosistemas acuáticos (lagos, ríos y humedales) por la contaminación difusa agraria por nitratos (contenidos en los fertilizantes químicos) o plaguicidas empleados en los cultivos. Su impacto es proporcional a la intensidad de regadío del cultivo y es el principal responsable de la eutrofización y contaminación de fuentes de agua para abastecimiento humano. Otros impactos ambientales añadidos corresponden a las infraestructuras asociadas a proyectos de regadío (como embalses, trasvases, canalizaciones), además de la degradación de suelos y de las concentraciones parcelarias. **Las malas prácticas en la agricultura contribuyen a una pérdida de fertilidad y compactación de los suelos, dando como resultado una menor infiltración, mayor escorrentía y menor recarga de acuíferos.** Entre otras deficiencias, los costes ambientales de estos regadíos (como la contaminación o la sobreexplotación de acuíferos) nunca se internalizan. Es necesario revisar el principio de “quien contamina paga” para no perjudicar a los usuarios urbanos por la contaminación que genera el sector agrario. La contaminación por nitratos de las aguas (característica de este sector) tiene efectos sobre la salud, imposibilitando, en algunos casos, la utilización de fuentes cercanas para abastecimiento humano, lo que se ha traducido en mayores costes para el abastecimiento urbano (tratamientos de potabilización más costosos, infraestructuras de captación y de transporte más grandes y caras).

Las ayudas de la Política Agraria Común (PAC) en determinadas zonas de la península favorecen modelos agrarios intensivos que no contribuyen a una mejora de las prácticas agrícolas sostenibles, por lo que es necesario realizar una adecuada revisión de la rentabilidad real de los regadíos para tener en cuenta los costes reales derivados del uso del agua, de su puesta en regadío y el coste de oportunidad de utilizar el agua como recurso, frente a su uso para otras actividades [17]. La modernización de los regadíos no puede ser la única solución a este problema, pues parece no haber contribuido de forma significativa en el ahorro de agua total, en parte porque esta solución ha llevado, en muchos casos, a la creación de más regadío, aún, aprovechando esta modernización. Se necesita una “reducción real de los consumos, con una disminución selectiva de las superficies de regadío basada en el concepto de retorno social, como un indicador complejo que contemple producción, empleo y



beneficios o deterioros de suelos, paisajes y ecosistemas.” [18]. Dada la relevancia de este sector en nuestro país, y su especial vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático, es, sin lugar a duda, un actor con un peso muy relevante en la transformación de la gestión del agua. Por ello, **será esencial coordinar la satisfacción de las demandas con la eficiencia en el uso del agua para garantizar el suministro en la actividad agraria.**

En cuanto al sector de la ganadería, España es el primer país de Europa en censo de animales porcinos y caprinos. En 2019 tenía el 22% del ganado porcino, el 9% del bovino, el 25% del ovino y el 23% del ganado caprino del total de la UE [19]. Esta proporción está favorecida por la existencia de una política ambiental más laxa comparada con otros países europeos, lo que favorece una producción intensiva de ganadería industrial que está causando un problema emergente en nuestro país. En el caso concreto del ganado porcino, según datos de la Fundación Nueva Cultura del Agua, las explotaciones intensivas de este animal producen dos metros cúbicos anuales de purines por cerdo, cuya concentración en nitrógeno supera en cuarenta veces las de las aguas residuales. A su vez, estas instalaciones y la ganadería industrial en general son responsables de numerosos impactos y presiones ambientales como emisiones de metano, amoníaco y gases nitrosos, entre otros. Por otra parte, el consumo de agua de diez cerdos equivale, aproximadamente, al consumo equivalente de una persona, sin tener en cuenta la huella hídrica de los cultivos necesarios para su alimentación, propiciando la contaminación de aguas superficiales (por materia orgánica y amoníaco en vertidos incontrolados) y de aguas subterráneas (por filtración de nitratos), además de emisiones de contaminantes emergentes (antibióticos principalmente) a las masas de agua. **La alteración del ciclo natural del nitrógeno es uno de los principales problemas causados por el modelo de producción y consumo de la actividad agropecuaria intensiva actual [15].**

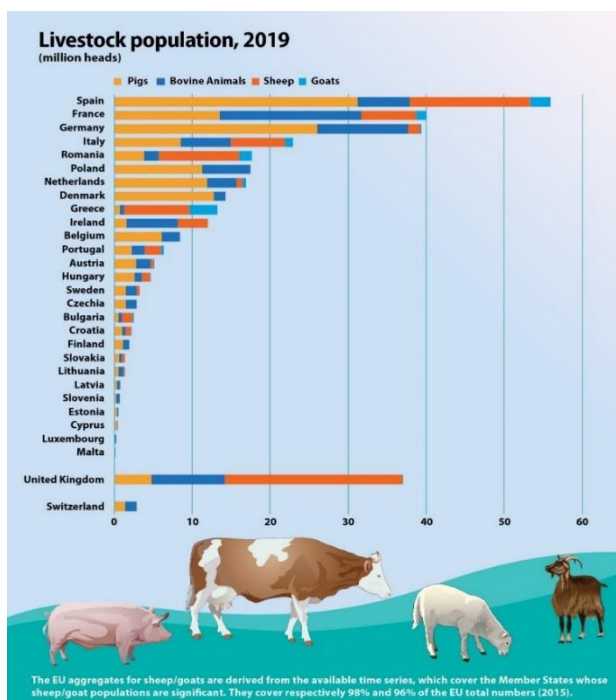


Ilustración 9. Población ganadera censada en Europa.
Fuente: Eurostat [19].

El sector urbano, por su parte, representa un 15% del consumo total de agua. El principal problema en este sector radica en la concentración de población y en el modelo de desarrollo urbano que está convirtiendo a las ciudades en sumideros de agua, al concentrar la demanda de este recurso en un espacio geográfico reducido. Por último, otro sector importante hídricamente es el industrial, que consume aproximadamente el 7% del agua en España. En este caso, además del impacto asociado al desvío del agua de su ciclo natural, la dificultad añadida está en la devolución a las masas de agua con diferentes tipos y niveles de contaminación.

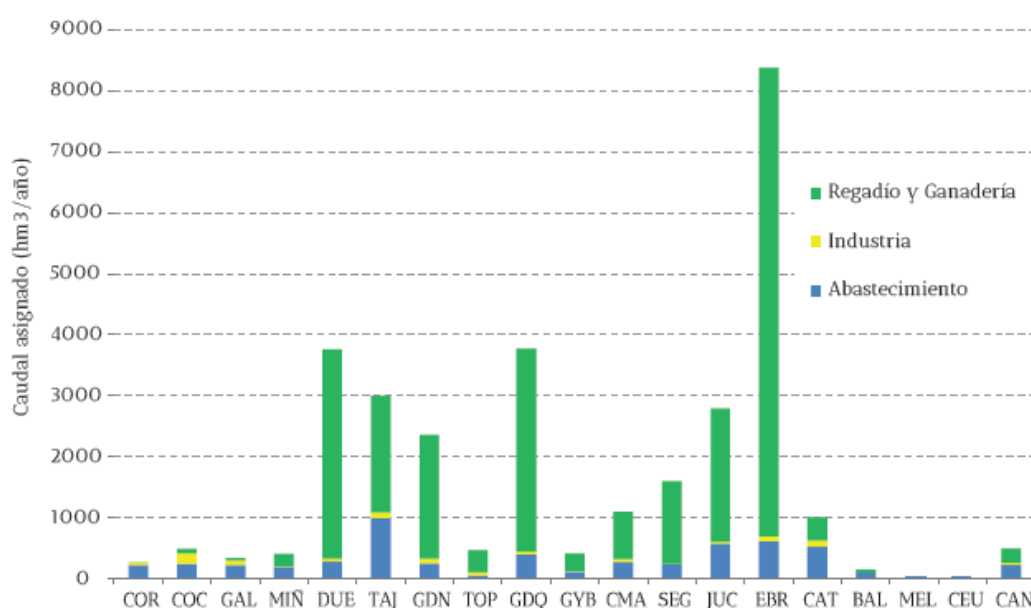


Ilustración 10. Usos de los recursos recogidos en los planes hidrológicos de segundo ciclo, previsión para 2021. Eje X: siglas de las Confederaciones Hidrográficas. Fuente: MITECO [27].

Además de una reducción del potencial de explotación y de degradación hídrica, es igualmente necesaria una previsión de adaptación futura de los diversos sectores económicos al cambio climático, mediante medidas preventivas que fomenten la reconversión de estos a nuevos modelos productivos que limiten los impactos de sus actividades productivas (causas últimas responsables de las presiones sobre los recursos naturales y el medio ambiente en general) y que sean compatibles con la menor disponibilidad de caudales. Por otro lado, también es necesario reducir el uso de fertilizantes y agrotóxicos para alcanzar los objetivos de la DMA. Otros sectores, como el eléctrico o el turístico, que también son muy vulnerables a los efectos del cambio climático, deberán desarrollar estrategias de adaptación sectoriales coherentes con la planificación hidrológica. **Todas las medidas adoptadas deberán considerar su eficacia adaptativa frente al cambio climático, además de no suponer un aumento de las presiones ejercidas sobre las masas de agua.**



6.2 Digitalización

Una buena gestión de los recursos hídricos pasa necesariamente por una mejora en la estimación de los recursos y en la actualización de los mecanismos de gestión, de control y de distribución mediante la aplicación de nuevos dispositivos y tecnologías de digitalización, contribuyendo a la mejora de la eficiencia de los procesos. **Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) pueden ser calves en la gestión del agua al permitir mejorar la eficiencia en su uso y la inteligencia con la que gestionamos los recursos.**

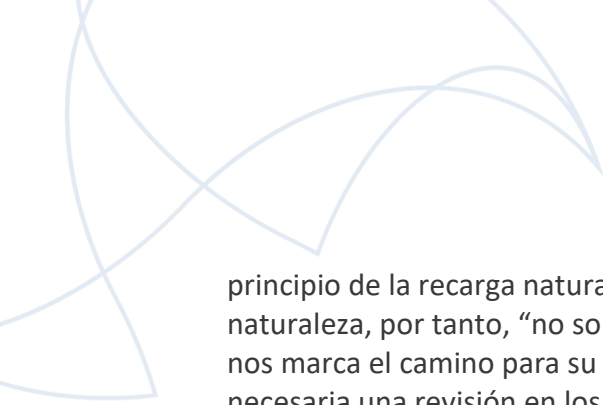
Los indicadores son una herramienta de medición y control que permiten realizar una evaluación y seguimiento de las diferentes variables a medir. Tener acceso a todos los datos hidrológicos y hacer un buen uso de ellos, resulta clave a la hora de realizar un buen diagnóstico hidráulico, de evaluar la efectividad de las medidas aplicadas y el grado de cumplimiento de los objetivos marcados, pudiendo actuar de forma adecuada en la persecución de los objetivos establecidos en la política de agua establecida. En España, los niveles de los embalses suelen ser empleados para determinar la disponibilidad del recurso hídrico, sin embargo, este no permite diferenciar si se trata de sequía (dependencia meteorológica) y/o escasez (derivada de una inadecuada gestión del agua). Otro parámetro como el déficit estructural, que depende de la aplicación y la sobreexplotación de aguas subterráneas, suele utilizarse como justificación habitual para reclamar nuevas infraestructuras hidráulicas (trasvases, desaladoras, pozos...) con el objetivo de incrementar la oferta. Por ello, será determinante definir unos indicadores adecuados que den un señal cuantificable y objetiva.

6.3 Buenas prácticas de los recursos hídricos

Algunas de las malas prácticas utilizadas en el aprovechamiento de los recursos hídricos naturales han conducido al progresivo deterioro, a la reducción y a la alteración de los caudales de los ecosistemas hídricos, principalmente por exceso de canalizaciones y presiones extractivas, por la ocupación de las llanuras de inundación, y de los caudales ecológicos insuficientes, por volúmenes concesionados excesivos y por la contaminación por vertidos directos o por escorrentía mediante aguas subterráneas que llegan a los cauces derivados de algunas actividades económicas (industrial, urbana y ganadera, principalmente). **Las buenas prácticas para la gestión de los recursos hídricos naturales se fundamentan en la reducción de la sobreexplotación y de la presión extractiva de las masas de agua, en la liberación de caudales para respetar los caudales ecológicos de los cauces de agua y en la no contaminación [20].**

La sobreexplotación de los recursos hídricos naturales impide alcanzar el buen estado ecológico de muchas masas de agua. Debe procurarse un uso sostenible de estos recursos teniendo en consideración las restricciones medioambientales y siguiendo el





principio de la recarga natural de estos para satisfacer las demandas de agua. La naturaleza, por tanto, “no solo facilita la disponibilidad del recurso, sino que también nos marca el camino para su sostenibilidad a medio y largo plazo” [15], por lo que es necesaria una revisión en los volúmenes concesionados de agua y una mejor estimación de los caudales ecológicos acorde con esta filosofía. Además, las medidas adoptadas deberán converger con las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático y con los principios de eficiencia y racionalización energética en la gestión del agua.

Si se dispone de agua renovable suficiente en los cauces de los ríos y acuíferos que se encuentran en buen estado, esta sería la primera opción para satisfacer las necesidades hídricas de forma respetuosa con la recarga natural de estos y con la depuración tras su uso para no contaminar las masas de agua donde serán vertidas. En caso contrario, se deberá hacer uso de los recursos hídricos no convencionales para suplir el déficit. En cuanto a estos recursos, es innegable que en un futuro próximo habrá una mayor apuesta por la desalación y la reutilización para resolver o minimizar los problemas en regiones deficitarias, cada vez más frecuentes y con más población afectada. Sin embargo, hay que tener especial cuidado, pues tanto la desalinización, como la reutilización de las aguas depuradas pueden derivar en un uso productivista del agua (efecto común en las actuaciones de oferta de los recursos hídricos) y alentar un crecimiento de la demanda que puede ser contraproducente para la propia cuenca al aumentar las presiones sobre las masas de agua en lugar de reducirlas. Esto mismo sucede con las medidas para el ahorro de agua (por ejemplo, las llevadas a cabo en la modernización de los regadíos) como se ha comentado anteriormente. Por eso **estas medidas deben ir acompañadas de una adecuada planificación** (devolución al medio o reasignación a usos productivos de las aguas reutilizadas, producción de agua desalada, etc.).

La **reutilización del agua depurada** supone una reducción de los volúmenes vertidos al medio, provocando un impacto cuantitativo sobre el estado de las masas de agua superficiales y subterráneas a las que retornaban por la reducción de los caudales fluyentes, un menor volumen de recarga de los acuíferos y una menor capacidad de dilución de contaminantes...[20]. Sin embargo, una correcta reutilización de las aguas residuales tratadas en las estaciones depuradoras (EDAR) contribuye a una utilización más sostenible del agua en función de su uso (industriales, riego de parques y jardines, baldeo de calles y otros usos que no requieran de una calidad elevada, reservando el agua potable para su consumo como agua de boca e higiene) y a una economía circular (del agua y de los lodos resultantes de la depuración) que conseguirían reducir la presión sobre los recursos hídricos disponibles, al disminuir el consumo neto de agua. Además, contribuiría a reducir las emisiones al prescindir de la captación y del transporte de nuevo recurso hídrico, así como a un menor gasto energético adicional (dependiendo de la calidad de las aguas tratadas y de las distancias al punto de consumo).

Demarcación Hidrográfica	Hm ³ /año	%
Cantábrico Oriental	2,58	0,86
Cantábrico Occidental	2,70	0,90
Tajo	10,00	3,34
Guadalquivir	15,40	5,15
Guadalete y Barbate	9,84	3,30
Cuencas M. Andaluzas	27,43	9,17
Segura	84,70	28,31
Júcar	77,80	26,01
Ebro	3,00	1,00
Cataluña	7,96	2,66
Islas Baleares	22,50	7,52
Melilla	0,96	0,32
Ceuta	4,40	1,47
Lanzarote	8,80	2,94
Gran Canaria	11,80	3,94
Tenerife	9,30	3,11
TOTAL	299,17	100

*Ilustración 11. Proporción de uso del agua depurada en España.
Fuente: SCRATS [26].*

Las buenas prácticas en la producción de agua por desalinización vienen determinadas por otros factores que se han comentado con anterioridad como la redimensión de las demandas hídricas bajo parámetros de sostenibilidad, la determinación del estado de las masas de agua y su aportación bajo las previsiones de la realidad climática en la que vivimos, entre otros. La razón por la que la producción de agua se debe abordar desde una perspectiva más global radica en **el inmenso recurso hídrico que nos brinda la desalinización gracias a su capacidad para producir grandes cantidades de agua potable a cambio de energía con un recurso tan abundante como el agua de mar.** Como cualquier otro recurso, este debe ser regulado para no caer en la tendencia de la explotación antrópica como ha pasado con muchos otros recursos naturales. Debemos partir de que tanto la energía como el agua son bienes escasos de primera necesidad que debemos preservar para las especies y las generaciones venideras.

6.4 Infraestructuras hidráulicas sostenibles

El ciclo del agua es exigente en términos energéticos (aproximadamente un 10% del total de la demanda energética en España). Este dato no es de extrañar ya que prácticamente en todas las etapas del ciclo integral del agua (captación, producción en desaladoras, potabilización, distribución, consumo, alcantarillado, depuración,



desnitrificación y vertido final) se producen consumos casi exclusivamente eléctricos que suponen la variable que más peso tiene sobre el coste final del agua. **Estas sinergias entre energía y agua abren paso a las energías renovables** cuyas tecnologías, como la eólica y la solar fotovoltaica, permiten mejorar los sistemas energéticos actuales abaratando su coste energético asociado al cubrir, total o parcialmente, los consumos eléctricos. Un beneficio económico que contribuye a avanzar en la consecución de la viabilidad financiera en la administración del agua, acompañado de un beneficio medioambiental al transformar el consumo energético tradicional, reduciendo la dependencia de la red eléctrica, en renovable, siempre y cuando estas necesidades energéticas se cubran con estas tecnologías.

La generación de energía eléctrica con fotovoltaica está llamada a ser uno de los pilares de la cobertura de la demanda de energía, principalmente por tratarse de una tecnología modular, distribuida, de recurso disponible conocido (diurno y más intensivo en los meses de alta insolación) y por la competitividad de los generadores fotovoltaicos cada vez más eficientes y económicos con respecto a otras tecnologías. Una de las grandes ventajas que presenta la fotovoltaica es su versatilidad, que le permite la generación en el punto de consumo, contribuyendo a la autosuficiencia energética (al consumir lo que produces *in situ*) y a la eficiencia gracias a la reducción en las pérdidas de transporte y distribución de la electricidad. Como la mayoría de los procesos de generación de electricidad con fuentes de energía renovables, se caracteriza por ser intensiva en inversión, pero con costes variables nulos ya que la fuente de energía primaria es un recurso natural que no tiene coste.

Como se ha comentado anteriormente, **en todas las etapas que conforman el ciclo integral del agua se pueden aprovechar las ventajas de las renovables** (en especial, la fotovoltaica) contribuyendo a la reducción del coste por m³ de agua facturada y de la huella de carbono del ciclo global del agua. Además, estas instalaciones que intervienen en la gestión del agua, al ser consumos eléctricos conectados a la red, podrían proporcionar, en mayor o en menor proporción, una flexibilidad extra a esta con el desplazamiento de los consumos y, en el caso de estar respaldadas por autoconsumo, mediante el vertido de sus excedentes (si es que los hay).

En la gestión del agua, la desalación es el recurso hídrico más caro para el abastecimiento, dado el consumo energético requerido en el proceso de OI que implica entre el 50% y el 60 % del coste final del agua producida. El proceso de depuración es otro de los que más demanda energética requiere dentro del ciclo urbano del agua. La centralización de la desalinización y del tratamiento de aguas residuales en grandes infraestructuras convencionales de desalinizadoras y de depuración (EDAR), respectivamente, son prácticas más comunes en nuestro país que han supuesto elevados costes de operación (especialmente por su consumo energético asociado), suponiendo, en algunos casos, la incapacidad de ciertos municipios (de pequeñas y medianas poblaciones) de asumir dichos costes. Este consumo energético elevado no solo es insostenible económicamente, sino incoherente con los criterios de lucha contra el cambio climático por lo que **la integración de las renovables en ambas infraestructuras debería abordarse de forma prioritaria para poder alcanzar la viabilidad y sostenibilidad de estas.**



En el caso concreto de las EDAR, las soluciones tomadas en la gestión de aguas pluviales tienen repercusión en el tamaño y, por tanto, en el consumo de estas. Por ejemplo, la recogida de aguas pluviales mediante tanques de tormenta haría que estas aguas fuesen posteriormente evacuadas a través de la red de saneamiento y depuradas en las EDAR antes de ser vertidas al medio. Esto supone un incremento de las demandas energéticas, tanto por bombeo como por depuración de un importante volumen de aguas. **La implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible facilitaría la infiltración que alimenta las masas de agua subterráneas, evitando así la necesidad de transporte y de tratamiento.**

Por ello, es necesario incorporar criterios de reducción de la demanda energética en la instalaciones de depuración y de desalinización convencionales mediante tecnologías punteras y renovables. Por otro lado, las nuevas instalaciones deberían converger hacia una tipología de infraestructuras sostenibles distribuidas de menor tamaño que respondan a la necesidad de la transición ecológica y de la adaptación y mitigación del cambio climático, sin renunciar a la alternativa de las obras hidráulicas para los recursos hídricos naturales, ya que su aplicación dependerá de muchos factores y, por tanto, de las circunstancias en cada caso.

6.5 Transversalidad

No es suficiente con abordar la respuesta a la transformación y la mejora en la gobernanza del agua desde un punto de vista técnico, dada la complejidad e interrelaciones existentes en este ámbito. La aplicación de las medidas anteriormente propuestas no es suficiente para que los planes fijados por las diferentes administraciones puedan tener éxito. **Será imprescindible analizar y gestionar los ecosistemas acuáticos desde una perspectiva más interdisciplinar con una coordinación y cooperación eficaz entre los distintos niveles de la administración pública, usuarios y agentes sociales, con el paraguas de las distintas políticas sectoriales (urbanística, agrícola, etc.) involucradas en la política de aguas, que den la respuesta necesaria a los retos que se plantean en nuestro país con relación a la gestión del agua.**



**Gestión sostenible de los recursos
hídricos y sus posibles sinergias con las
energías renovables**

Trabajo futuro



**FUNDACIÓN
RENOVABLES**

7. Trabajo futuro

En este último apartado, se recoge una posible continuación de este estudio de investigación. A lo largo de este trabajo se han ido exponiendo una serie de medidas de carácter general para mejorar la gestionabilidad de los recursos hídricos, buscando la sostenibilidad de estos. Sin embargo, consideramos que sería de interés poder realizar una aplicación práctica en una región de una cuenca hidrográfica que, por sus recursos hídricos y demandas, sufra un déficit y estrés hídrico respaldado por varias infraestructuras de obra hidráulica.

Esta región podría ser la **cuenca hidrográfica del Segura**, demarcación hidrográfica situada en el sureste peninsular, territorio caracterizado por la escasez de agua y por su elevada exposición frente al riesgo de sequía. Desde las décadas de los sesenta y setenta del pasado siglo, esta región ha experimentado un notable incremento de la demanda de agua de acuerdo con la expansión de los regadíos hortofrutícolas y con el poblamiento y desarrollo turístico-residencial, lo que ha repercutido en un aumento de la vulnerabilidad de los sistemas de suministro frente a la sequía y, consecuentemente, en una fuerte presión sobre los recursos hídricos. Esta situación ha propiciado un estrés hídrico importante sobre la cuenca que es respaldado por una gran variedad de infraestructuras hidráulicas potencialmente susceptibles de ser apoyadas por energías renovables.

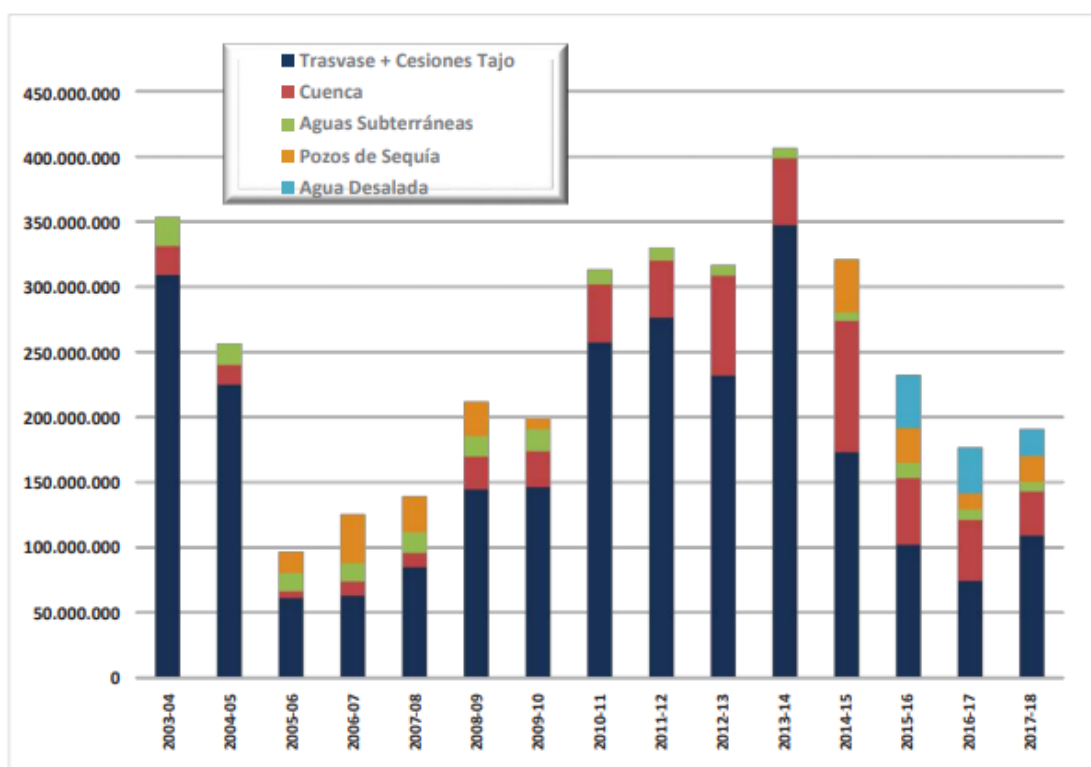
La cuenca hidrográfica del Segura es considerada la más deficitaria del país (un déficit de 400 hm³). Engloba a más de 2 millones de habitantes de 132 municipios repartidos en cuatro comunidades autónomas. El 58,8% de la demarcación corresponde a la Región de Murcia, el 9,4% a Andalucía (provincias de Jaén, Granada y Almería), el 25% a Castilla La Mancha (provincia de Albacete) y el 6,8% a la Comunidad Valenciana (provincia de Alicante). Dentro de esta demarcación se encuentran las tres provincias más áridas de la Península Ibérica con una precipitación anual inferior a los 300 mm de promedio anual de precipitaciones (de mayor a menor, Murcia, Alicante y Almería).

Tradicionalmente, la gestión conjunta de los recursos superficiales y subterráneos se ha producido de forma más accidental que planificada en esta cuenca. Al vaciarse los embalses en períodos de sequía, se comenzaron a explotar, con carácter temporal, las aguas subterráneas mediante los pozos de sequía que, en algunos casos, cuando los costes de explotación son reducidos, extendían su función de suplir las situaciones de sequía a ampliar la superficie regada.

Desde 1979 esta cuenca es receptora de un volumen de agua considerable proveniente del río Tajo y que da nombre a la cuenca cedente. La infraestructura compuesta por 292 km de canales, túneles y acueductos que conducen este caudal, es lo que se conoce como **trasvase Tajo-Segura** y es un recurso fundamental para los agricultores, ya que el precio del m³ (0,14 €) comparado con el de agua desalada (0,5 €, en el mejor de los casos) sólo sería rentable para unos pocos cultivos. Además, el agua

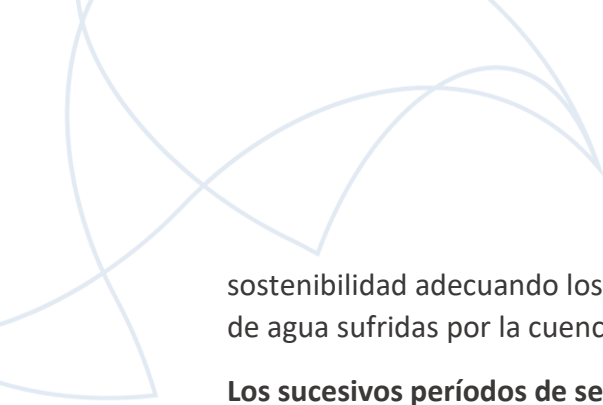


del trasvase no sólo es empleada para riego, también para abastecimiento humano en una proporción aproximada del 75% y del 25%, respectivamente [21]. Un total de 146.800 usuarios y 132.723,21 hectáreas brutas, de un total de 80.000 regantes, son abastecidos por este recurso. La industria agroalimentaria vinculada al trasvase aporta, en su conjunto, 2.364M€ al Producto Interior Bruto (PIB) nacional y genera más de 100.000 empleos en total, tanto del sector agrícola como de otros sectores. Alicante, Almería y Murcia suman el 69% del total de las exportaciones de hortalizas de España, y el 28% de frutas, lo que en total supone el 44% de las exportaciones nacionales de frutas y hortalizas. El trasvase Tajo-Segura ha generado un modelo agrícola agrointensivo en la región (consecuencia de la actuación sobre la oferta) que contribuye de manera importante al PIB regional, pero también a la contaminación por nitratos de sus suelos y acuíferos.



*Ilustración 12. Comparativa de los consumos de agua por años hidrológicos (m³).
Fuente: SCRATS [21].*

En la actualidad, el Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO) ha puesto en revisión las reglas de explotación del trasvase Tajo-Segura por los recurrentes episodios hidrológicos excepcionales que implican que el trasvase se encuentre en condiciones excepcionales casi la mitad del tiempo. Esta nueva normativa pretende garantizar una mayor estabilidad interanual en la transferencia, manteniendo los embalses de cabecera a una cota mayor, condicionando la disponibilidad de agua excedentaria trasvasable a la cuenca receptora, a la vez que la



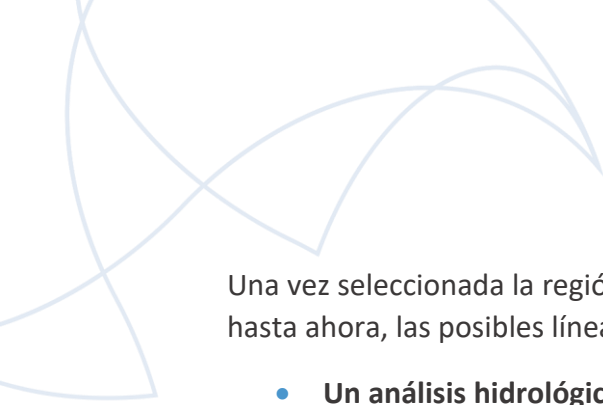
sostenibilidad adecuando los caudales ecológicos del Tajo a las crecientes demandas de agua sufridas por la cuenca cedente, amenazada por el cambio climático [22].

Los sucesivos períodos de sequía sufridos por la región impulsaron la construcción de numerosas plantas desaladoras de pequeño tamaño por parte de las comunidades de regantes de las zonas del Campo de Cartagena, Mazarrón y Águilas para complementar las necesidades hídricas para usos agrícolas, siendo la desalinizadora de Virgen del Milagro, de Mazarrón, la primera planta desalinizadora instalada en la cuenca del Segura.

El progresivo aumento del consumo de agua en la cuenca del Segura propició el impulso de las desaladoras de gran capacidad. En 2003 se puso en marcha la desaladora del canal de Alicante, la primera planta de este tipo, capaz de producir 18 hm³ de agua anuales para paliar el déficit hídrico de la Mancomunidad de Canales del Taibilla (MCT). En 2005 se construyó la desaladora de San Pedro del Pinatar I con una capacidad de 24 hm³ anuales y 2 años más tarde las correspondientes ampliaciones (San Pedro del Pinatar II y Alicante II) con una capacidad anual 24 hm³ cada una y la desaladora de Valdelentisco, con 57 hm³ anuales, lo que suma un volumen anual de 116 hm³ a los recursos hídricos de la cuenca del Segura [23].

En la actualidad existen 13 desalinizadoras (tres de ellas fuera de la demarcación), cuyos recursos desalinizados alcanzan los 158 hm³/año, de los que 96 hm³/año corresponden a regadío (82 hm³/año provenientes de instalaciones de promoción pública y 14 hm³/año de promoción privada) y 62 hm³/año a uso urbano, industrial y de servicios [24]. El MITECO tiene intención de duplicar para dentro de 2 o 3 años la producción de agua desalada de las plantas de AcuaMed (Torrevieja, Valdelentisco y Águilas) y de la MCT (Alicante I y II, San Pedro del Pinatar I y II y Antonio León Martínez Campos) hasta alcanzar los 500 hm³. Esta apuesta por la desalinización ha motivado a la Confederación Hidrográfica del Segura, organismo adscrito al MITECO, a llevar a cabo un plan de interconexión de las desaladoras de Torrevieja (Alicante), Águilas y Valdelentisco (Murcia) para crear una red mallada de distribución destinada a abastecer y garantizar el suministro, tanto de consumo humano como regadío de las provincias de Alicante, Murcia y Almería [25].

Las características del clima mediterráneo (sequías, lluvias torrenciales...), el progresivo aumento de las demandas hídricas, la reducción de los recursos hídricos naturales por degradación y sobreexplotación debido a ciertas actividades intensivas, junto con la vulnerabilidad y sensibilidad de la región a los efectos del cambio climático, hacen que la gestión del agua en la cuenca hidrográfica del Segura, suponga todo un reto que deberá ser abordado desde una perspectiva global para poder conseguir una gestión sostenible de sus recursos hídricos autóctonos y, por tanto, un caso de estudio interesante.



Una vez seleccionada la región en la que analizar un caso práctico, con todo lo visto hasta ahora, las posibles líneas de trabajo serían:

- **Un análisis hidrológico detallado de la región a estudiar y de los consumos,** para poder llegar a un equilibrio entre oferta y demanda, lo más sostenible y con el mayor retorno social posible, a través de:
 - ✓ Los recursos hídricos naturales que abastecen la zona: estudio de caudales y estado ecológico, niveles de contaminación, vulnerabilidad frente al cambio climático...
 - ✓ Los recursos hídricos no convencionales (desalinizadoras y depuradoras): capacidad de producción y depuración, factor de utilización, estado...
 - ✓ Los sectores intensivos en consumo de agua: agricultura, industria, vertidos a los cauces, buenas prácticas...
- **El estudio de la integración de las renovables en las instalaciones hidráulicas y su posible papel como instrumento de flexibilidad de la red eléctrica,** analizando:
 - ✓ La viabilidad de la integración del autoconsumo con placas fotovoltaicas en las instalaciones hidráulicas principales.
 - ✓ La flexibilidad de operación con cargas variables y/o intermitentes.
 - ✓ La media de consumos eléctricos por horas y la posibilidad de desplazamiento de sus consumos.

Gestión sostenible de los recursos hídricos y sus posibles sinergias con las energías renovables

Conclusiones



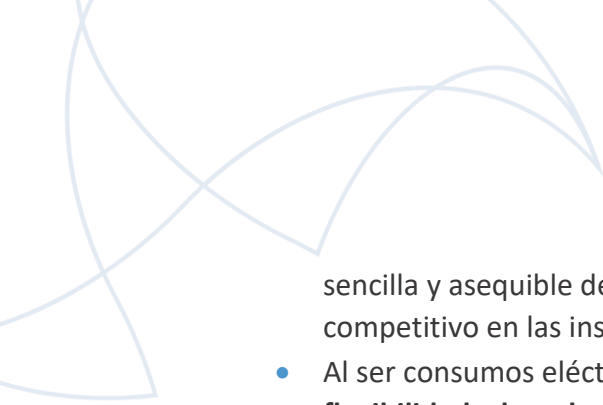
FUNDACIÓN
RENOVABLES

8. Conclusiones

A continuación se indican las principales conclusiones del estudio:

- Necesitamos **cambiar la forma en la que gestionamos el agua** en nuestro país y por ello, es necesaria una transición hidrológica. El agua debe ser considerada como un **recurso limitado, escaso y de primera necesidad** y, por tanto, gestionada de forma eficiente, equilibrando las necesidades humanas (demanda) con la sostenibilidad, tanto en la gestión como en su uso.
- Se debe **actuar desde la demanda para conseguir una reducción del consumo de agua** y para proteger y recuperar el buen estado ecológico de los ecosistemas acuáticos, lo que es fundamental para la protección del bienestar y de la salud humana (suministro de agua, servicios, producción de alimentos, etc.).
- La actuación realizada desde la oferta, sin control sobre la demanda, es sinónimo de incremento de las presiones sobre los recursos hídricos. **La nueva oferta debe ser limitada estrictamente a lo necesario** después de aplicar las siguientes medidas a la cadena de valor del agua:
 - ✓ **Conocer del panorama hídrico nacional** mediante la contabilización de los recursos hídricos (con ayuda de las nuevas tecnologías) de forma prospectiva, considerando la degradación, la renovación del ciclo hidrológico y el impacto del cambio climático sobre los recursos disponibles para evitar una sobreestimación y, por tanto, una potencial sobreexplotación de estos.
 - ✓ **El redimensionamiento de las demandas hídricas** que, necesariamente, pasa por una concienciación global de los consumidores y una reconversión de los modelos productivos de los distintos sectores más intensivos en consumo de agua.
- Gracias a la madurez tecnológica de las renovables en la generación de electricidad y a que el consumo energético de las distintas etapas que conforman el ciclo integral del agua es eminentemente eléctrico, **las energías renovables son el eje fundamental para reducir la huella de carbono del ciclo**, además del coste por m³ de agua facturada.
- En un sistema eléctrico tradicional y centralizado en el que la proporción de energía renovable es cada vez mayor (pero no suficiente), la generación distribuida en modalidad de autoconsumo permite una mayor penetración renovable sobre la cobertura de la demanda de electricidad, permitiendo reducir el impacto ambiental y mejorar los sistemas energéticos actuales. **La satisfacción de las necesidades energéticas en la gestión del agua mediante autoconsumo (total o parcial) es realmente interesante en el caso de la desalación de aguas salobres o agua de mar** al tratarse del recurso hídrico más intensivo en energía para el abastecimiento. Esta sinergia es la forma más





sencilla y asequible de conseguir un precio final de agua desalada más competitivo en las instalaciones actuales.

- Al ser consumos eléctricos conectados a la red pueden **proporcionar flexibilidad a la red**, en especial, mediante la producción de agua desalada para su almacenamiento a partir de la electricidad renovable sobrante, evitando su vertido. Este uso podría servir como vector energético final para una gestión más efectiva de la demanda eléctrica y contribuir a una mayor flexibilidad del sistema eléctrico.
- La reducción de los costes de gestión, de producción y de distribución gracias a las renovables puede derivar en un uso productivista del agua y propiciar un crecimiento de las demandas que puede ser contraproducente para la propia cuenca. Por ello, **estas actuaciones deben ir asociadas a un control de la demanda para evitar el efecto contrario al que se busca.**

Gestión sostenible de los recursos hídricos y sus posibles sinergias con las energías renovables

Bibliografía



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Bibliografía

- [1] Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR), “Desalación en España en primera persona: de hitos pioneros, a referente internacional”. Pp. 1–65, 2018, [Online]. Available: <https://historiadesalacion.es>.
- [2] Á. F. Morote Seguido, A. M. Rico Amorós y E. Moltó Mantero, “La producción de agua desalinizada en las regiones de Murcia y Valencia. Balance de un recurso alternativo con luces y sombras”. *Doc. d’Anàlisi Geogràfica*, vol. 63, no. 2, p. 473, 2017, doi: 10.5565/rev/dag.353.
- [3] E. Jones, M. Qadir, M. T. H. van Vliet, V. Smakhtin and S. mu Kang, “The state of desalination and brine production: A global outlook,” *Sci. Total Environ.* Vol. 657, pp. 1343–1356, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.076.
- [4] Sacyr, “Sequía: La tecnología española que ayuda a combatir la sequía”. *El Confidencial*. https://brands.elconfidencial.com/tecnologia/2018-01-08/la-tecnologia-espanola-que-ayuda-a-combatir-la-sequia_1500199/.
- [5] Yuri Rubio Mora, “El turismo y el agua en cifras. Estudio del caso canario | iAgua”. *lagua*. <https://www.iagua.es/blogs/yuri-rubio-mora/turismo-y-agua-cifras-estudio-caso-canario>.
- [6] Proexport, “¿Por qué España es la huerta de Europa?”. *Proexport*. <https://www.proexport.es/por-que-espana-es-la-huerta-de-europa/>.
- [7] Instituto Geográfico Nacional, “Sobreexplotación y contaminación de acuíferos.”
- [8] Carlos Otiniano Pulido, “Almería, la despensa de Europa, sale al rescate de sus acuíferos | Compañías | Cinco Días” *CincoDías*, *El País*. https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/03/20/companias/1584715477_433537.html (accessed Nov. 18, 2020).
- [9] A. Estevan y M. García, “El consumo de energía en la desalación de agua de mar por ósmosis inversa: situación actual y perspectivas”. *Ing. Civ.*, vol. 148, pp. 113–121, 2007.
- [10] D. Prats, “Revista Agua y Medio Ambiente.”
- [11] F. Mateos y S. Rodríguez, “Estudio de Prospectiva Consumo Energético en el sector del agua”. *Minist. Ind. Energía y Tur. Fund. Esc. Organ. Ind.*, 2012.
- [12] A. I. López, “La Situación actual de las desaladoras en el sudeste mediterráneo. ¿Una Alternativa a los Trasvases?”. Pp. 1–30.
- [13] SCRATS, “TRASVASE TAJO-SEGURA: INFRAESTRUCTURA VITAL Y SOSTENIBLE PARA EL SURESTE ESPAÑOL.”
- [14] M. Qasim, M. Badrelzaman, N. N. Darwish, N. A. Darwish, and N. Hilal, “Reverse osmosis desalination: A state-of-the-art review”. *Desalination*, vol. 459, no. March, pp. 59–104, 2019, doi: 10.1016/j.desal.2019.02.008.
- [15] Fundación Nueva Cultura del Agua, *Retos de la planificación y gestión del agua en España*. 2019.
- [16] SEO/BirdLife, “El problema no es la sequía, sino la escasez y la sobreexplotación del agua en España,” *lagua*.



- <https://www.iagua.es/noticias/seobirdlife/problema-no-es-sequia-sino-escasez-y-sobrexplotacion-agua-espana>.
- [17] C. Fundaci et al., "Agricultura mediterránea y agua. Algunas claves."
- [18] Fundación Nueva Cultura del Agua, "XI Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua Ibérico de Gestão e Planeamento da Água". 2020.
- [19] Eurostat, "Livestock population in numbers," Eurostat.
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/DDN-20200923-1?inheritRedirect=true>.
- [20] Fundación Nueva Cultura del Agua, "Documento de aportación de sugerencias al plan nacional de depuración, saneamiento, eficiencia, ahorro y reutilización." Pp. 1–10, 2019.
- [21] SCRATS, "SINDICATO CENTRAL DE REGANTES DEL ACUEDUCTO TAJO-SEGURA MEMORIA 2018".
- [22] La Vanguardia, "El Miteco revisará las reglas de explotación del trasvase Tajo-Segura." <https://www.lavanguardia.com/vida/20200526/481422322980/el-miteco-revisara-las-reglas-de-explotacion-del-trasvase-tajo-segura.html> (accessed Nov. 19, 2020).
- [23] Asamblea Regional de Murcia, "Desalinización de agua marina. Murcia y el agua. Historia de una pasión."
http://www.asambleamurcia.es/sites/external/murcia_agua/cap15.htm.
- [24] Confederación Hidrográfica del Segura, "Recursos hídricos: Desalinización." <https://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/recursoshidricos/desalinizacion.html>.
- [25] Europa Press, "Teresa Ribera anuncia la intención del Gobierno de conectar las desaladoras del Levante," *Iagua*. <https://www.iagua.es/noticias/ep/teresa-ribera-anuncia-intencion-gobierno-conectar-desaladoras-levante>.
- [26] SCRATS, "Círculo por el AGUA."
- [27] MITECO, "Síntesis de los planes hidrológicos españoles. Segundo ciclo de la DMA (2015-2021)," 2018, [Online]. Available:
https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/planificacion-hidrologica/libro_sintesis_pphh_web_tcm30-482083.pdf.
- [28] European Environment Agency, "Potential aggregate impact, adaptive capacity and vulnerability — European Environment Agency," EEA.
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/potential-aggregate-impact-adaptive-capacity>.
- [29] Instituto Geográfico Nacional, "Distribución geográfica de los focos contaminantes."



Gestión sostenible de los recursos
hídricos y sus posibles sinergias con las
energías renovables
Índice de ilustraciones



FUNDACIÓN
RENOVABLES

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Plantas desaladoras y desalobradoras en España. Febrero de 2018.</i>	<i>13</i>
<i>Ilustración 2. Número de turistas por CC.AA de destino principal. Fuente: INE.....</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 3. Mapas de precipitaciones y climatología. Fuente: AEMET.</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 4. Distribución geográfica de los focos contaminantes de las distintas actividades en España. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN) [29].....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 5. Mapa de la sobreexplotación de acuíferos en España. Proporción de agua extraída respecto a la capacidad de recarga en tanto por uno. Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN)</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 6. Recursos no convencionales recogidos en el Plan Hidrológico actual (2015-2021). Fuente: MITECO.</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 7. Evolución de la relación entre capacidad instalada y consumo específico de las plantas desalinizadoras en España. Fuente: CEDEX.....</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 8. Impacto potencial del cambio climático en Europa. Fuente: European Environment Agency [28].....</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 9. Población ganadera censada en Europa. Fuente: Eurostat [19].....</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 10. Usos de los recursos recogidos en los planes hidrológicos de segundo ciclo, previsión para 2021. Eje X: siglas de las Confederaciones Hidrográficas. Fuente: MITECO [27].....</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 11. Proporción de uso del agua depurada en España. Fuente: SCRATS [26].....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 12. Comparativa de los consumos de agua por años hidrológicos (m³). Fuente: SCRATS [21].....</i>	<i>43</i>





FUNDACIÓN
RENOVABLES

Pedro Heredia 8, 2º Derecha
28028 Madrid

www.fundacionrenovables.org

yo
SI QUIERO
RENOVABLES