

RECURSOS DE AGUA NO CONVENCIONALES EN ESPAÑA: ESTADO DE LA CUESTIÓN, 2010

Jorge Olcina Cantos y Enrique Moltó Mantero
Instituto Interuniversitario de Geografía
Universidad de Alicante

RESUMEN

Los recursos de agua no convencionales han experimentado un notable desarrollo durante la primera década del presente siglo. El cumplimiento de la Directiva 91/271 de depuración de aguas residuales urbanas y la puesta en marcha del programa AGUA han resultado decisivos para el impulso de la depuración y desalación de aguas en España. Por el contrario, la reutilización de aguas residuales depuradas, aunque cuenta con actuaciones significativas (agricultura, usos recreativos), sigue siendo una asignatura pendiente de la planificación del agua en nuestro país.

Palabras clave: Depuración de aguas residuales, reutilización, desalación.

ABSTRACT

Water not conventional resources have experienced a notable development during the first decade of the present century. The fulfillment of European Directive 91/271 of urban waste water treatment and the development of the Programa AGUA have been decisive for the impulse of the water purification and water desalation processes in Spain. On the contrary, the reutilization of residual polished waters, though it (he, she) possesses (relies on) significant performances (agriculture, recreative uses), it continues being a subject dependent on water planning in our country.

Key words: Waste water treatment, water reuse, desalination.

1. Importancia creciente de los recursos no convencionales en España: regulación normativa

Ha transcurrido una década desde la aprobación de la Ley del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001) y un lustro desde la puesta en marcha del Programa AGUA que impulsó a utilización de los recursos no convencionales como medida de sustitución del pretendido trasvase del Ebro. Es momento de realizar un análisis de la situación de los recursos no

convencionales en nuestro país, a modo de inventario, para comprobar si las aguas procedentes de la depuración y desalación ha cubierto las expectativas señaladas en aquellos documentos oficiales y cuáles son sus perspectivas de futuro.

El contexto para los estudios académicos del agua en España, durante estos años, no ha sido el más favorable debido a la utilización política del tema del agua que se ha realizado, *ab nauseam*, en nuestro país. Y lo peor ha sido la toma de postura a favor de una doctrina u otra, creando banderías que poco tienen que ver con el análisis serio y aséptico que requiere la ciencia.

Afortunadamente, la necesidad de adaptación de la Directiva 91/271 de depuración de aguas residuales urbanas, la puesta en marcha de planes regionales de saneamiento y depuración de aguas residuales, y el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua 2000/60 con la revisión obligada de los planes de Demarcación Hidrográfica han sido procesos dinamizadores para el desarrollo de los recursos de agua no convencionales en nuestro país. Y ello se ha acompañado, también, de reflexiones serias sobre la evaluación de los recursos de agua y el papel de los recursos no convencionales en la «contabilidad» global del agua.

El análisis de los recursos no convencionales, que hace tres lustros resultaba accesorio en los estudios del agua de nuestro país, se ha convertido en un aspecto nuclear de los mismos, puesto que la necesidad de un desarrollo territorial sostenible tiene en el agua un elemento clave de la gestión racional y eficiente que se reclama desde Europa.

En la actualidad la cantidad de recursos no convencionales en España se eleva a 4.540 hm³/año, de los cuales aquellos con uso efectivo sumarían 450 hm³ de aguas procedentes de la reutilización de aguas depuradas y 690 hm³ de la desalación. Se trata de un volumen de agua que ha ido aumentando su peso en el conjunto de recursos de agua disponibles, puesto que en 2001 el potencial de uso de las aguas no convencionales (depuración+desalación) apenas alcanzaba 2.700 hm³/año, mientras que una década después supera los 4.000 hm³/año (vid. Cuadro 1).

Cuadro 1
DEMANDAS DE AGUA EN ESPAÑA Y SIGNIFICADO DE LOS RECURSOS
«NO CONVENCIONALES» EN 2010

Recursos Convencionales*

	2000	2010
Demanda urbana	4.667 hm ³ /año	4.941 hm ³ /año
Demanda agrícola	24.094 hm ³ /año	16.211 hm ³ /año
Demanda industrial	1.647 hm ³ /año	1.772 hm ³ /año
Gasto de refrigeración	4.915 hm ³ /año	6.795 hm ³ /año

* El consumo efectivo ha sido evaluado en el Libro Blanco del Agua (2001) en 20.783 hm³/año y la cantidad de retornos en 14.539 hm³/año

Recursos «no Convencionales»

Aguas depuradas	2.500 hm ³ /año	3.400 hm ³ /año
Reutilización de aguas depuradas	230 hm ³ /año	450 hm ³ /año
Aguas desaladas	225 hm ³ /año	690 hm ³ /año

Fuente: Libro Blanco del Agua (MIMAM, 2001), Rico, Olcina et al. (1997), INE estadísticas sobre medio ambiente (agua), *Atlas de Sostenibilidad ambiental de España* (OSE, 2010) informes de Comunidades Autónomas, datos actualizados a diciembre de 2009.

En una década se ha producido un aumento muy notable en el volumen de agua residual depurada y en la cantidad de esas aguas que se reutiliza; pero, sin duda, a efectos de satisfacción de las demandas existentes el gran avance en los recursos de agua no convencionales procede de la capacidad de desalación instalada en estos años que triplica a la existente a comienzos de la primera década del nuevo siglo. El avance en la tecnología de desalación, la reducción de los costes (especialmente los energéticos) y el impulso que ha recibido la desalación en el programa AGUA puesto en marcha desde 2004, explican el importante incremento en el potencial de desalación de nuestro país.

El desarrollo de la depuración, reutilización y desalación de aguas en España ha ido acompañado de una regulación legal de estos procesos. Desde 1995 una serie de normativa ha venido a regular aspectos relacionados con la depuración, reutilización y desalación de aguas en España. Directivas europeas, leyes y decretos de escala estatal y regional han venido a completar la regulación normativa sobre depuración, reutilización y desalación de aguas de nuestro país.

La depuración de aguas residuales tuvo un momento clave con la promulgación de la Directiva Europea 91/271 sobre depuración de aguas residuales urbanas. El Real Decreto-Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas, traspuso dicha normativa europea que se desarrolló por el Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo. Pocas semanas después se aprobó el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración (acuerdo del Consejo de Ministros de 28 de abril de 1995). En el Real Decreto Ley 11/1995 se contenían los objetivos, definiciones y obligaciones de tratamiento según tipo de zona (aglomeración urbana, sensible y menos sensible)¹. El cumplimiento de las obligaciones y los plazos previstos en la Directiva Europea ha resultado básico en el impulso dado durante los últimos años en depuración de aguas en España. En efecto, tras su aprobación, las Comunidades Autónomas, según estaba previsto en el art. 9 del citado Real Decreto-Ley, ha ido elaborando ex novo o adaptando planes regionales de depuración, si bien no con la premura contemplada en dicho artículo (finales de diciembre de 1996), incluso hay comunidades que están aún en fase de preparación de estos programas. Algunas incluso han aprobado leyes de saneamiento y depuración. (vid. cuadro 2) . La Directiva 91/271 fue modificada por Directiva 98/15/CEE que asimismo se ha traspuesto a la legislación española por Real Decreto 2116/1998, de 2 de octubre².

Como se indicaba hace unos años (Olcina, 2002) la Directiva Europea ha sido, sobre todo, una directiva en aras de la calidad del agua producto que se vierte a ríos, lagos o al mar, pero no considera la posible reutilización que puedan tener las aguas residuales tratadas para distintos fines. En su texto, no hay mención ninguna sobre esta cuestión en ningún artículo de la directiva. Es, en suma, un documento legal que ha establecido de forma precisa los procesos a llevar a cabo para el tratamiento de los vertidos de agua urbanos con el fin siempre de proteger la calidad de las aguas continentales y marinas que, en ningún caso, asume la condición de recurso «no convencional» de las aguas depuradas y la importancia que éste puede tener para la planificación hidrológica en países o regiones con déficit de recursos hídricos, agravados en situaciones de sequía, como ocurre en España.

1 Un estudio detallado de los aspectos contenidos en la Directiva 91/271 y su transposición al Estado Español se encuentra en Rico, Olcina Paños y Baños (1998).

2 La modificación introducida por esta Directiva es más bien una aclaración de su artículo 5 relativo a los requisitos de los vertidos procedentes de las instalaciones de tratamiento secundario y, en concreto, del cuadro 2 incluido en el Anexo I de la Directiva que señala los requisitos exigibles a los vertidos realizados por instalaciones de tratamiento de aguas residuales en zonas sensibles cuyas aguas sean eutróficas o tengan tendencia a serlo en un futuro próximo. No se han alterado plazos ni sistemas de tratamiento que son los aspectos que mayor grado de incumplimiento, sobre todo el primero, tienen en los países de la Unión.

La necesidad del cumplimiento de la Directiva 91/271 y la transferencia de la competencia de depuración de aguas a las Comunidades Autónomas en nuestro país ha hecho proliferar las normativas regionales sobre depuración de aguas residuales urbanas y la aprobación de planes de saneamiento y depuración, que han merecido varias ediciones, desde mediados de los años noventa del pasado siglo. Todo ello ha permitido mejorar el grado de conformidad con el cumplimiento de los requisitos de la Directiva 91/271 en España en estos años, hasta alcanzar el 80% en 2010. No obstante, algunas Comunidades Autónomas no han alcanzado el objetivo final establecido en la Directiva europea de la depuración de todas las aguas residuales urbanas en núcleos de más de 2.000 hab. equivalente y su grado de conformidad apenas alcanza el 60%; es el caso de Andalucía, Canarias, Extremadura o Galicia (MMA y MRM, 2010).

Un avance fundamental para el aprovechamiento de las aguas depuradas en nuestro país ha sido la aprobación del Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que queda establecido el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, que culmina una larga etapa de intentos de regulación de la reutilización de aguas residuales depuradas. En él se establecen los usos permitidos y prohibidos con este tipo de aguas, se fijan criterios de calidad de las aguas regeneradas y se detallan los procedimientos para el aprovechamiento de esta agua. Según esta normativa queda prohibida, entre otros usos, la utilización de aguas residuales depuradas para consumo humano, salvo en situaciones de declaración de catástrofe y siempre bajo inspección de la autoridad sanitaria. Asimismo, queda prohibido el uso de aguas depuradas para usos propios de la industria alimentaria, para uso en instalaciones hospitalarias y otros usos similares, para el cultivo de moluscos filtradores en acuicultura, para el uso recreativo como agua de baño, para su uso en fuentes ornamentales o interiores de edificios públicos o para su uso en torres de refrigeración y condensación. Se trata de aspectos que, sin duda, necesitarán modificación en los años venideros en relación con la mejora tecnológica de los sistemas de depuración y regeneración de aguas residuales. No es descabellado atisbar que en los próximos quince o veinte años, los avances en los procesos de depuración permitirán, por ejemplo, inyectar aguas depuradas a las redes de abastecimiento de agua potable.

Los criterios de calidad de las aguas depuradas para su empleo en usos urbanos, agrarios e industriales quedan recogidos en los anexos de este Real Decreto. Por su parte, el art. 7 del mismo señala que con objeto de fomentar la reutilización del agua y el uso más eficiente de los recursos hidráulicos, las Administraciones Públicas estatal, autonómica o local, en el ámbito de sus respectivas competencias, podrán llevar a cabo planes y programas de reutilización de aguas. En estos planes se establecerán las infraestructuras que permitan llevar a cabo la reutilización de los recursos hidráulicos obtenidos para su aplicación a los usos admitidos. De modo de que las administraciones públicas tienen un papel fundamental durante los próximos años para el fomento del uso de aguas depuradas en nuestro país. En relación con ello, se entiende los objetivos de reutilización de aguas residuales urbanas que ha establecido el «Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015» y que fija el volumen estimado de reutilización en 1.200-1.300 hm³/año al final del mismo.

Relacionado con la depuración de aguas residuales está asimismo el empleo de lodos de depuradora con fines agrícolas. Los lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas son residuos a los que les es de aplicación las normas en vigor relativas a los residuos, y en particular la Ley 10/1998 de Residuos que incorpora al derecho interno la Directiva Marco de Residuos, 12/2006 y las Decisiones 2000/532/CEE, 2001/118/CEE, 2001/119/CEE, 2001/573/CEE, en las que se establece la Lista Europea de Residuos (LER), incorporada a nuestro ordenamiento por Orden MAM 304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la Lista Europea de Residuos.

Los lodos de las depuradoras tienen la peculiaridad respecto a otros tipos de residuos, de que su uso en el suelo está regulado por la Directiva 86/278/CEE relativa a la protección del medio ambiente y en particular de los suelos en la utilización de los lodos con fines agrícolas. Esta Directiva regula las condiciones de aplicación de estos lodos a los suelos agrícolas, condiciones orientadas a evitar el posible efecto nocivo sobre las aguas, el suelo, la vegetación, los animales y la salud humana. La citada Directiva prohíbe el empleo de lodos de depuradora sin tratar, salvo en los casos de inyección directa o enterramiento en el suelo, si lo autorizan los Estados Miembros (en España no está autorizado). Asimismo, prohíbe la aplicación en determinados cultivos, al tiempo que establece plazos para su aplicación en los cultivos autorizados. Además indica que la utilización de los lodos en agricultura debe hacerse teniendo en cuenta las necesidades de nutrientes de las plantas. Al mismo tiempo limita los contenidos en metales pesados y exige análisis periódicos de los suelos y de los lodos de depuradora. Finalmente establece la exigencia de un control estadístico de los lodos de depuradora producidos, cantidades dedicadas a fines agronómicos, composición y características de los mismos, tipos de tratamiento, y la identificación del destinatario y lugar de aplicación.

Esta Directiva se incorporó a la legislación española mediante el Real Decreto 1310/1990. En él se designa al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y a las autoridades responsables de las Comunidades Autónomas en esta misma materia como los competentes en materia de aplicación y control de la citada Directiva. Una Orden posterior, la de 26 de octubre de 1993, sobre la utilización de lodos de depuradora en agricultura, establece las exigencias de suministro de información de la estación depuradora al inicio de su funcionamiento y el envío por el responsable de la depuradora de una ficha semestral elaborada por la entidad que gestiona los lodos de uso agrícola con las cantidades dedicadas a fines agronómicos. Para el fomento de la valorización y del uso de los lodos de depuradora en agricultura en 2001 se aprobó el I Plan Nacional de Lodos de Depuradora (2001-2006), que se acompañó en algunas Comunidades Autónomas de la puesta en marcha de planes propios de aprovechamiento de lodos de depuradora y de normativa reguladora. En 2006 se lanzó el II Plan Nacional de Lodos de Depuradora de Aguas Residuales (2007-2015) que, junto a otros objetivos ecológicos, prevé la valorización en usos agrícolas de al menos el 70% de los lodos de depuradora antes del 2011, la valorización energética de un 15% como máximo de los lodos antes de 2011, el depósito en vertedero de un máximo de un 15% de los mismos antes de 2011 y la correcta gestión ambiental del 100% de las cenizas de incineración de los lodos de depuradora. En 2008 la producción de lodos de depuradora alcanzó 1,2 millones de toneladas de materia seca, de los cuales un 68,8% tuvo como destino su uso como fertilizante en agricultura. Las comunidades de Cataluña, Madrid y C. Valenciana son las que más lodos de depuradora producen en el conjunto estatal.

En julio de 1995 el Gobierno reguló, por vez primera, la desalación en España. Es interesante destacar el contexto en el que se promulga el Real Decreto 1327, de 28 de julio, que regula las instalaciones de desalación de agua marina o salobre. Hay que recordar que 1995 es uno de los años más secos del presente siglo en casi toda España y el año más desastroso por lo que a las consecuencias económicas de la secuencia seca 1992-96 se refiere. Numerosas poblaciones de la mitad sur de España padecieron restricciones y cortes en el suministro de agua en una situación que tornaba insostenible, lo que provocó la puesta en marcha a principios de verano, por vía de urgencia, del «*Plan Metasequía*» que, como medidas principales contemplaba la construcción de una serie de plantas desaladoras para abastecimiento a poblaciones del sur y Baleares. La propia exposición de motivos de esta norma señala que «*el agravamiento de las situaciones de escasez de recursos hace prever que estas actividades de desalación experimentarán un desarrollo notable en el futuro*».

Además es significativo que la promulgación del Real Decreto se adscribiese al Ministerio de la Presidencia por los intereses de competencias que la producción de agua mediante desalación supone para los organismo de agua, costas, energía y medio ambiente.

El aspecto más destacable de esta norma es la dependencia del régimen de titularidad y el uso de las aguas desaladas y el origen de las mismas. Así mientras las aguas salobres tienen el mismo régimen de las aguas continentales, es decir público, y su utilización estará sujeta a concesión administrativa, las aguas marinas, pese a que el artículo 2 del Real Decreto hace mención a su integración en el dominio público hidráulico, la titularidad de las aguas desaladas se adscribiría, según algunos autores al propietario de la planta desaladora, quien podrá utilizarlas libremente. El decreto establece un régimen basado en la exigencia de concesión o autorización previa para todas las instalaciones de desalación, con excepción de aquellas instalaciones particulares de reducido tamaño que no excedan una capacidad de 7.000 m³/año y siempre que el destino del agua sea el consumo para el titular de la planta (art. 4.5). Se restringe, salvo en circunstancias excepcionales, la autorización de la actividad de desalación a particulares y Comunidades de Regantes cuando la capacidad total de producción supere los 500.000 m³/año, limitación que no atañe a las Corporaciones locales cuando el fin sea el abastecimiento a poblaciones (art. 4.2). Otro aspecto regulado es el correspondiente a la generación de energía eléctrica por las plantas desaladoras que, a dichos efectos, quedará regulado por la Ley 40/1994, de 30 de diciembre, de Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional (art. 6). Se señala, además, que a los suministros de energía eléctrica de las plantas desaladoras no se aplicará el complemento de tarifa por oferta de potencia. Un aspecto interesante es la obligación de crear un «registro de desalinizadoras» (art. 7) que incluya sus características esenciales, titularidad y aquellas observaciones que se consideren precisas. En cumplimiento de esta norma el CEDEX ha elaborado un «banco de datos de aguas salobres y marinas», de difícil consulta pese a lo regulado por la Ley 38/1995, de 12 de diciembre, sobre el derecho de acceso a la información en materia de medio ambiente.

En puridad, la primera regulación que aparece en España sobre aguas desaladas se contiene en la ley canaria 12/1990, de Aguas. El artículo 5 de la misma señala que la desalación es «declarada como un servicio público», y consagra el capítulo III de la misma a la «producción industrial de agua». Por su parte, en febrero de 1998 la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, adoptó una resolución por la que se disponía la publicación del convenio de colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente y el gobierno de Canarias para llevar a cabo actuaciones en materia de infraestructuras hidráulicas y de calidad de las aguas. Recordemos que en Canarias desde 1973 diferentes decretos han regulado ayudas del Gobierno central para el desarrollo de la actividad desaladora con fines de abastecimiento urbano y en 1984, la construcción de desaladoras se declaró actuación de interés del Estado.

Pero sin duda el gran respaldo jurídico a la desalación en España ha venido dado por la modificación sustancial de la Ley de Aguas por Ley 46/1999. En primer lugar, las aguas procedentes de desalación de agua del mar se incluyen en el dominio público hidráulico (art. 2.e) «una vez que fuera de la planta de producción, se incorporen a cualquiera de los elementos señalados en los apartados anteriores». Se mantiene por tanto el carácter público de las aguas desaladas de acuíferos continentales salobres. De ello se deduce que las aguas marinas desaladas transformadas en potables pertenecen al «desalador» mientras no entren en contacto con el medio hidrológico terrestre. Por su parte, cambian las condiciones jurídicas de realización de la actividad de desalación de agua del mar, respecto al mencionado Real Decreto 1327/1995, puesto que, según contempla el artículo 12 bis de la Ley 46/1999 (que ha pasado a ser el art. 13 del texto refundido de la Ley de Aguas, R.D. Legislativo 1/2001),

«cualquier persona física o jurídica podrá realizar la actividad de desalación de agua del mar, previas las correspondientes autorizaciones administrativas respecto a los vertidos que procedan, a las condiciones de incorporación al dominio público hidráulico y a los requisitos de calidad según los usos a los que se destine el agua». Como señala Embid (2000) el nuevo texto legal evita el sistema de concesiones establecido por el Decreto 1325/1995 y suprime la distinción establecida en aquél sobre necesidad de concesión administrativa para llevar a cabo una actividad de desalación según tamaño y destino final del agua. Un dato destacado es que el capítulo V «De las aguas procedentes de desalación» de la Ley 46/1999 como en el texto refundido de la Ley de Aguas (R.D. Legislativo 1/2001) no se hace mención alguna al citado Real Decreto de desalación 1327/1995 y que éste, tras la aprobación de ambas normas, no ha sido derogado.

La reforma de la Ley de Aguas que se incluyó en la Disposición Final primera de la Ley 11/2005, de 22 de junio, trajo consigo novedades considerables en el régimen de la desalación. Esta ley confirmaba la derogación del trasvase del Ebro y apostaba por la desalación. En especial en esta Ley se señalaba la demanialidad de todas las aguas procedentes de la desalación sometiéndolas al sistema de uso propio del dominio público hidráulico, esto es, al sistema concesional. En suma, la reforma de 2005 supuso que el agua desalada fuese considerada siembre de dominio público, se mezcle o no con agua natural.

Como señala Jiménez Shaw (2009), la última modificación del Texto Refundido de la Ley de Aguas de 2001, ha sido llevada a cabo en la Disposición final tercera de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. La reforma afecta al artículo 13 y con su nueva redacción se trata de aclarar cuestiones relativas a aspectos concesionales.

El aprovechamiento de aguas no convencionales en España es una realidad en expansión y su regulación ha merecido un amplio repertorio legal en los últimos años que ha ido aclarando cuestiones relativas a la calidad de las aguas depuradas, a las condiciones de aprovechamiento de las mismas y a la consideración de las aguas desaladas como bien de dominio público hidráulico, aspectos que no estaban incluidos, por novedosos, en la legislación de aguas a comienzos de la presente centuria.

2. Depuración y reutilización de aguas en España

Junto a la desalación, la reutilización de aguas residuales se convierte en el principal recurso no convencional para el abastecimiento de diferentes usos del agua. No obstante, hay varios factores que diferencian el binomio depuración-reutilización —que debe analizarse conjuntamente— de la desalación de agua. Por un lado, queda claro que con la desalación hablamos solamente de una acción que pretende hacer útil para cualquier uso un recurso abundante que necesita ser tratado, el agua salada. La dimensión ambiental de la desalación es la de aportar agua en zonas donde este recurso es escaso, pero sus efectos medioambientales son negativos ya que genera contaminación (emisiones de CO₂ por sus elevadas necesidades energéticas y otros gases y vertidos de salmueras). La depuración de aguas residuales tiene un valor medioambiental intrínseco más allá de que las aguas depuradas sean o no reutilizadas con posterioridad; aunque resulta evidente que su valor es mayor si el proceso es completo, ya que la reutilización supone el ahorro de aguas de primer uso, además de evitar vertidos contaminantes. La reutilización de aguas residuales depuradas tiene una dimensión económica fundamental para la que ni siquiera es necesaria una conciencia ambiental: el aprovechamiento todas las veces que sea posible y para todos los usos, en función del grado de depuración, de un recurso que ya ha sido utilizado al menos una vez.

En España la implantación de desaladoras está plenamente justificada sobre todo en aquellos espacios litorales donde el recurso agua potable convencional es escaso. Pero se trata de un proceso voluntario. No tiene demasiado sentido la implantación de desaladoras, por ejemplo, en todo el espacio litoral cantábrico y gallego; por el contrario, está plenamente justificado en el litoral mediterráneo, sobre todo en el sudeste, y, muy especialmente, en las Islas Canarias.

En el caso de la depuración de aguas, sin pensar en principio en su posterior reutilización, nos encontramos con una acción de obligado cumplimiento fruto de la aplicación a todo el territorio español de la Directiva Europea (91/271) de depuración de aguas residuales urbanas, promulgada en el marco de la creciente conciencia ambiental en la Unión Europea. Como se ha señalado dicha norma europea obliga a depurar, con plazos bien establecidos, todas las aguas residuales urbanas al menos con un tratamiento de grado medio.

2.1. Depuración de aguas en España

Todo el proceso administrativo vinculado a la directiva europea (91/271) anteriormente citado explica el rápido crecimiento desde ese momento de la depuración de aguas en España (gráfico 1), hasta el punto de contar con un potencial de depuración teórico superior a la población española pero que no debe ocultar que hay zonas, sobre todo rurales, los núcleos de menos de 2.000 habitantes, que no llegan a cubrir toda la demanda, que hay una gran desigualdad entre Comunidades autónomas y que la calidad de la depuración, y, por tanto, el potencial de reutilización, es también desigual. De hecho, la próxima aplicación de una legislación en materia de reutilización de aguas residuales depuradas, más exigente, va a hacer que ese «éxito» en la universalización de la depuración quede en parte desfasado.

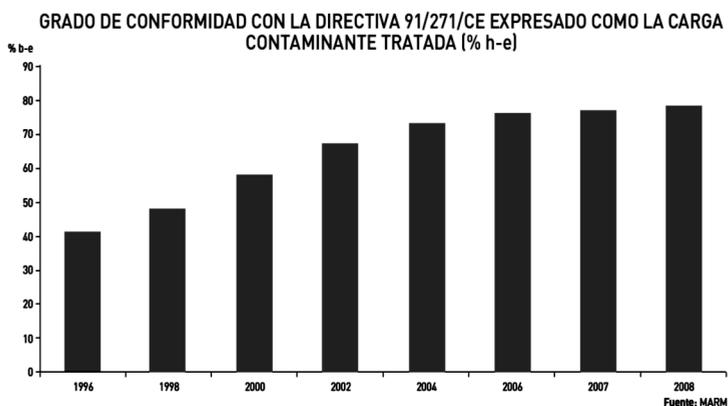


FIGURA 1. Evolución del grado de conformidad de aguas depuradas en España desde 1995 hasta 2005 para ajustarse a la directiva 91/271/CEE³.

Fuente: MARM.

³ MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2010) *Perfil Ambiental de España 2009. Informe basado en indicadores. Secretaría General Técnica. Madrid, 343 p.*

En este sentido, el vigente Plan Nacional de Calidad de las Aguas (2007-2015)⁴ forma parte, por lo tanto, de un conjunto de medidas que persiguen el definitivo cumplimiento de la Directiva 91/271/CEE y que pretenden contribuir a alcanzar el objetivo del buen estado ecológico que la Directiva Marco del Agua (60/2010) propugna para el año 2015.

El referido Plan Nacional de Calidad de las Aguas surge de la concertación con cada una de las Comunidades y Ciudades Autónomas, que plantearon la conveniencia de la coordinación y el impulso del Ministerio de Medio Ambiente en esta materia, dentro del más absoluto respeto a las competencias en materia de saneamiento y depuración en la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente celebrada en Canarias en junio de 2006.

Es necesario generalizar sistemas eficaces de depuración y redes de saneamiento que conduzcan todas las aguas residuales a las depuradoras, en particular para muchas aglomeraciones urbanas de pequeño tamaño. Por ello, aunque el porcentaje en carga contaminante de este conjunto de población es pequeño, su número, cercano a las 800 entidades, sólo en aglomeraciones urbanas de más de 2.000 habitantes equivalentes en zonas interiores y de 10.000 en costeras, supone uno de los retos más importantes del Plan Nacional de Calidad de las Aguas, ya que a dicho número se une el de todas las pequeñas aglomeraciones y municipios por debajo de esa cifra de habitantes equivalentes.

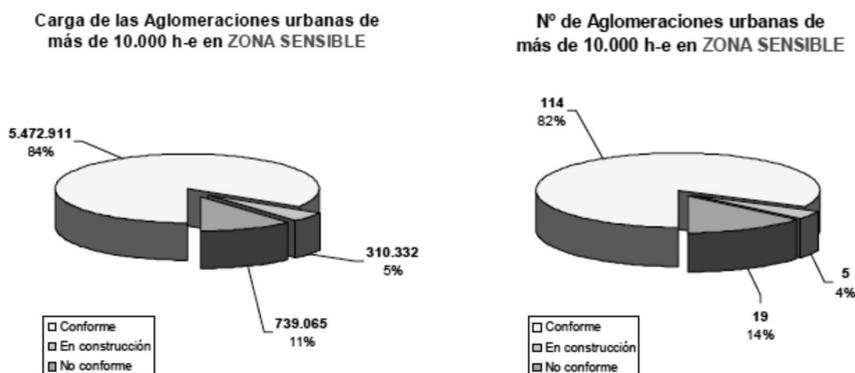


FIGURA 2. Distribución de la conformidad de las 2.356 aglomeraciones urbanas al 31 de diciembre de 2005.

Fuente: MARM.

Las sucesivas revisiones de las declaraciones de zonas sensibles han aumentado considerablemente las aglomeraciones afectadas que deben acondicionar sus sistemas de depuración a una eficaz reducción de nutrientes mediante tratamiento terciario (Figura 3). Esta es una de las principales líneas de actuación del Plan, con un calendario riguroso y una firme voluntad de conseguir los objetivos fijados.

4 MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2009). *Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y depuración 2007-2015. La puesta en marcha del Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2015: nuevos objetivos*, Dirección General del Agua,

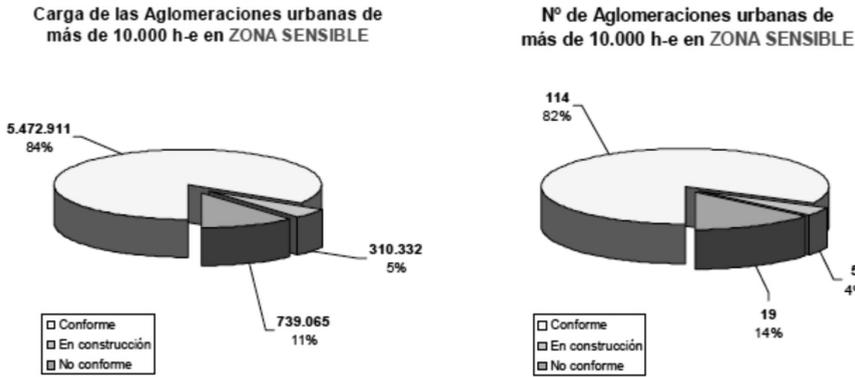


FIGURA 3. Actualización de la conformidad de la depuración en zonas urbanas de más de 10.000 habitantes equivalentes tras la declaración de zonas sensibles en el Plan Nacional de Calidad de las Aguas.

Fuente: MARM.

Por otro lado, uno de los objetivos fundamentales del Programa AGUA es incorporar, en la mayor medida posible, la Reutilización de Aguas Depuradas para incrementar las disponibilidades de recursos hídricos. La reutilización está asociada a una depuración previa; en la actualidad existen en España más de 2.500 estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR) que, según datos del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino depuran, en 2010, más de 3.400 Hm³ anuales de aguas residuales. La teórica universalización de la depuración explica también por qué resulta fácil encontrar información sobre depuración de aguas en la totalidad de las fuentes autonómicas, aunque con diferencias entre aquellas para las que sólo es una cuestión ambiental y de cumplimiento de la normativa y aquellas en las que, al añadir un elevado porcentaje de reutilización, las citan también como un recurso de agua no convencional, con una visión más economicista.

Aunque resulta fácil obtener información estadística de depuración y reutilización de aguas del total del Estado y en alguna de las Comunidades Autónomas, es más complejo encontrar una fuente que ofrezca un nivel de información regional. En este sentido llama la atención que el Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino (MARM) ofrezca esta información, actualizada hasta el año 2008, por Confederaciones Hidrográficas, hecho que no permite por lo general evaluar la función de cada Comunidad Autónoma, con competencias en esta materia. Por su parte, el Instituto Nacional de Estadística, en su apartado de información ambiental, tiene una encuesta de la que sí se obtienen datos de depuración y reutilización a escala autonómica, también de 2008. El problema de utilizar los datos del INE es que las cifras totales de depuración y reutilización de aguas residuales para el total de España y para cada comunidad autónoma están muy por encima de los datos ofrecidos por el MARM. Por ejemplo, mientras el MARM da un total de 3.400 HM³ de aguas depuradas para España, el INE, en su estimación estadística a partir de encuesta, eleva esa cifra hasta los 12.371 HM³. Algo similar sucede con el volumen de aguas reutilizadas, ya que los 450 HM³ al año del MARM pasan a ser 1.439 para el INE. Esta divergencia entre las fuentes puede crear problemas de análisis, aunque puede estar plenamente justificada por el empleo de metodologías de recuento distintas. El MARM utiliza datos absolutos de depuradoras, mientras el INE hace estimaciones a partir de encuestas. En principio re-

sulta más creíble la información del MARM, no obstante, como el porcentaje nacional de reutilización de aguas depuradas sí es similar en ambas fuentes (13% en el MARM y 11% en el INE), y nos interesa saber el grado de reutilización de aguas residuales, no sólo por confederaciones hidrográficas, sino por autonomías, sí puede resultar útil y real el dato de porcentaje de reutilización en cada comunidad autónoma que da el INE.

Cuadro 2
GRADO DE CONFORMIDAD DE DEPURACIÓN Y TIPOS DE DEPURADORA POR
COMUNIDAD AUTÓNOMA⁵

Comunidades autónomas	Carga (h-e)	Carga contaminante tratada (h-e)	Grado conformidad carga cont. (%)	Nº de depuradoras con tratamiento SECUNDARIO	Nº de depuradoras con un tratamiento MÁS RIGUROSO
Andalucía	11.343.654	5.729.405	51	234	80
Aragón	2.835.946	2.150.396	76	37	29
Canarias	3.120.201	1.606.875	51	21	23
Cantabria	1.359.556	1.339.956	99	10	3
Castilla y León	5.029.128	3.538.997	70	139	15
Castilla-La Mancha	3.512.822	2.351.331	67	75	115
Cataluña	8.593.317	8.085.159	94	85	110
C. A. de Ceuta	120.000	120.000	100	0	1
C. A. de Melilla	100.000	100.000	100	1	0
Com. Foral de Navarra	1.236.802	1.236.802	100	43	1
Comunidad de Madrid	8.556.699	8.527.591	100	58	42
Comunidad Valenciana	7.530.835	7.043.672	94	67	113
Extremadura*	1.825.600	725.300	40	86	16
Galicia	2.376.556	1.418.259	60	16	93
Islas Baleares	2.392.046	2.372.010	99	27	45
La Rioja	519.558	510.110	98	19	6
País Vasco	4.498.322	3.460.900	77	11	37
Ppdo. de Asturias	1.512.010	1.190.893	79	8	11
Región de Murcia	2.309.051	2.309.051	100	1	33
Total Nacional	68.772.103	53.816.707	78%	938	773

Fuente: MARM. datos actualizados a 31/12/2008; *datos pendientes de actualizar.

Fuente: MARM.

De entrada los 3.400 hm³ de agua depurados en 2010 (tabla 1) suponen un incremento del 36% sobre los 2.500 del año 2000, alcanzando un 78% de conformidad, y, aunque siguen quedando numerosos núcleos rurales de menos de 2.000 habitantes sin depuradora, el esfuerzo ha sido importante y parece evidente que el total de hm³ no debe subir mucho en el futuro, aunque sí lo haga el de algunas autonomías rezagadas, el número de municipios con depuradora, y la calidad de la depuración. Como ya se advertirá con posterioridad, el verdadero caballo de batalla de cara al futuro, como reconoce el propio Plan Nacional de Calidad de las Aguas con horizonte en el 2015, al margen de esa aplicación total de la depuración, es una mejora de la mismas, con vistas a una reutilización mucho más intensa de esos caudales, que ha crecido de forma insuficiente y desigual en los últimos años.

5 www.mma.es. Perfil ambiental 2009.

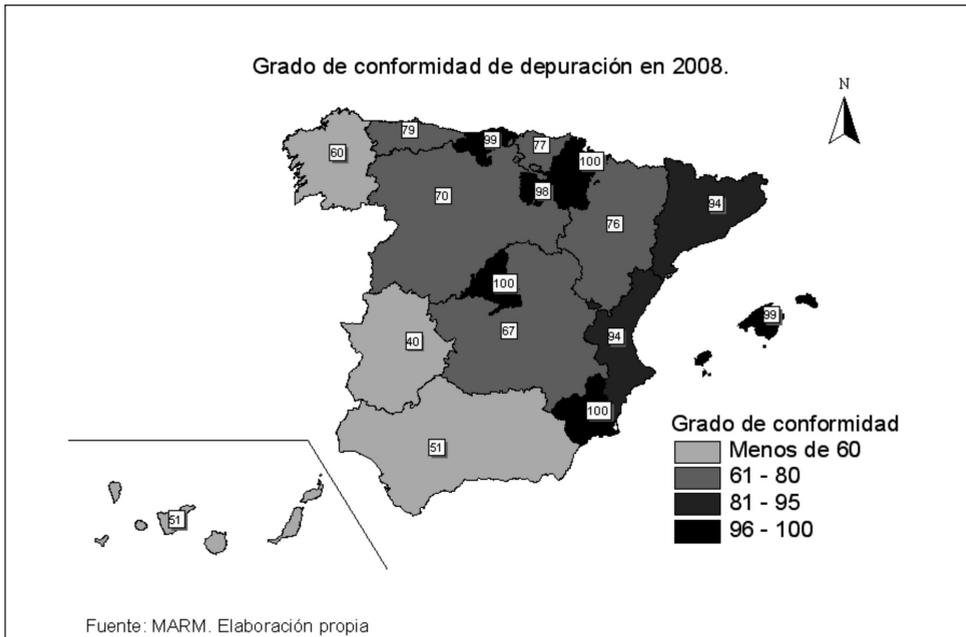


FIGURA 4. Grado de conformidad de la depuración en las Comunidades Autónomas.

A pesar de esa gran extensión de la depuración, el cuadro anterior nos permite hacer matices por Autonomías a 31 de diciembre de 2008 (tabla 2). En primer lugar, al margen de las ciudades autónomas, llama la atención el grado de conformidad de comunidades que superan el 90% e incluso llegan al 100. Entre ellas destacan comunidades con elevado porcentaje de población urbana como Madrid o Cataluña, y otras que, además de urbanas, cuentan con amplia tradición por clima seco y necesidad de recursos de agua como las Baleares, la Comunidad Valenciana o Murcia. A ellas se unen otras uniprovinciales y con niveles de desarrollo económico altos como La Rioja, Cantabria o Navarra. En todas ellas es justificable ese elevado porcentaje de depuración. En el lado opuesto, prescindiendo de situaciones intermedias, destaca la escasa conformidad de Andalucía, Castilla-La Mancha, Canarias, Extremadura⁶ o Galicia, justificable en muchos casos por la dispersión de los núcleos y el alto grado de ruralidad, al margen de los menores niveles de desarrollo económico. No obstante, en todos los casos hay una clara tendencia al incremento de la depuración que, no conviene olvidarlo, se debe cumplir por Ley. En una lectura más profunda de la tabla 2, en aquellas autonomías donde se advierte un predominio de las depuradoras con un tratamiento más riguroso, se adivina una mayor intención en la reutilización de estos caudales, destacando especialmente el caso de Murcia y, en menor medida, el de la Comunidad Valenciana.

⁶ Conviene apuntar que la cifra de Extremadura, según el MARM, está pendiente de actualizar y probablemente resulte algo más elevada.

2.2. Reutilización de aguas depuradas

Aunque el análisis de las cifras de depuración de aguas en el conjunto del territorio español y en cada una de sus Comunidades Autónomas resulte interesante, lo son más los valores de reutilización de esos caudales depurados. Como ya se ha ido advirtiendo, la reutilización tiene connotaciones que van más allá del cumplimiento de una obligación legal impulsada desde Europa por la creciente conciencia ecológica derivada de los principios de la sostenibilidad ambiental. Ello explica por qué no siempre coincide, como sería deseable, un alto cumplimiento en el grado de conformidad de la depuración y un alto porcentaje de reutilización de aguas depuradas. Esa falta de coincidencia resulta más o menos comprensible en comunidades bien surtidas de aguas blancas por tener precipitaciones abundantes y regulares y/o por estar en cuencas hidrográficas bien surtidas pero, en cualquier caso, en todas se podría esperar un mayor grado de implantación de la reutilización de aguas residuales depuradas, especialmente en algunas que no cumplen los condicionantes apuntados.

En el contexto europeo, donde el área mediterránea sería la que tendría más justificado un mayor incremento de la reutilización, España ha sido catalogada como el país mediterráneo con un mayor potencial en la reutilización de aguas depuradas. No obstante, desde 1985 hasta 2007 la reutilización se ha llevado a cabo por la iniciativa privada con la única base legal de la necesidad de contar con un informe de la autoridad sanitaria. La excesiva regulación de la reutilización del R.D. (1620/2007), con multitud de analíticas y limitaciones para cada uso, puede limitar la extensión de la reutilización⁷. El Proyecto AQUAREC preveía en 2006 que España pasará de 300 Hm³/año a 1.200 en el horizonte 2015, más de la mitad de los 2.000 que se proyectaban para los diez países seleccionados. En Israel, que partía de 280 Hm³/año, se pretendía llegar a 380 y en Italia de 45 a 250. El resto de países quedaban muy por debajo en la realidad y en las expectativas (tabla 3).

Según datos del MARM, de los 3.400 Hm³/año se estima que se reutilizan en 2010 tan sólo unos 450 Hm³/año, lo que supone un poco más del 13% del total; ello muestra el elevado potencial de esta tecnología para la generación de nuevos recursos hídricos. Con respecto al año 2000, cuando se reutilizaban 230 hm³ al año, se ha doblado el caudal, pero la apuesta por la reutilización ha sido menor que la de la desalación, que se ha multiplicado por tres en estos 10 años y con 690 hm³ anuales supera claramente a la reutilización. Además, el porcentaje de reutilización ha pasado del 9% en 2000 al 13% en 2010, incremento que, aunque destacable, queda por debajo de las expectativas y lejos de los 1.200 hm³ que AQUAREC ha previsto para 2015. Según los últimos datos disponibles, la distribución por usos del agua depurada se sitúa en unas tres cuartas partes para uso agrícola, del orden del 12% (y creciendo) para usos recreativos y campos de golf, el 6% para servicios urbanos, el 4% para usos ecológicos y recarga de acuíferos, y en torno al 3% para uso industrial. Como contraste con los datos del MARM el INE da para 2008 un total de 1.439 Hm³/año de reutilización para un total de 12.371 de depuración, que ya indicábamos como poco creíbles. No obstante, el porcentaje de reutilización sí se acerca, con un 11%, a la cifra dada por el MARM.

Si en el caso de la depuración apreciábamos ciertas diferencias entre las distintas autonomías, éstas se acrecientan en gran medida en el caso de la reutilización, ya que Murcia vuelve a destacar con casi un 94% de reutilización, mientras son varias las comunidades que no reutilizan absolutamente nada o cantidades ínfimas, sobre todo en el cuadrante noroccidental.

7 SALGOT DE MARÇAY, M. y FOLCH SÁNCHEZ, M. (2010). La reutilización del agua en la región Mediterránea: realidad y perspectivas, en *Reutilización de aguas regeneradas, aspectos tecnológicos y jurídicos*.

Cuadro 3
REUTILIZACIÓN DE AGUA REGENERADA EN EUROPA
(SEGÚN PROYECTO AQUAREC, 2006)⁸

País	Reutilización de agua regenerada	
	2002 (1999-2005) Hm ³ /año	Cantidades que se ha planificado reutilizar en la década 2006-2015. Hm ³ /año
Malta	4	9
Israel	280	380
Chipre	25	30
Italia	45	250
España	300	1200
Turquía	50	sin datos
Albania	Despreciable	sin planes
Francia	6-7	sin planes
Grecia	> 10	> 15
Portugal	No hay datos fiables	> 20
Total	> 700	aprox. 2000

Fuente: Salgot y Folch (2010).

Cuadro 4
REUTILIZACIÓN DE AGUAS EN ESPAÑA POR CONFEDERACIONES
HIDROGRÁFICAS

Organismo de cuenca	Caudal disponible (hm ³ /a)	Caudal reutilizado (hm ³ /a)	% reutilizado
CH NORTE	353,89	0,00	0,00
CH DUERO	170,18	0,00	0,00
CH TAJO	688,37	7,32	1,06
CH GUADIANA	103,57	3,63	3,51
CH GUADALQUIVIR	272,04	6,57	2,42
CH SEGURA	139,20	139,20	100,00
CH JÚCAR	480,99	135,89	28,25
CH EBRO	259,18	14,18	5,59
GALICIA COSTA	84,42	0,00	0,00
ANDALUCÍA ATLÁNTICA	88,10	9,38	10,65
ANDALUCÍA MEDITARRÁNEA	155,02	27,35	17,64
C. INTERNAS CATALUÑA	393,70	28,75	7,30
BALEARES	94,56	28,66	30,30
CANARIAS	91,91	44,43	48,34
TOTAL NACIONAL	3.375,16	447,34	13,25

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2008)⁹.

8 *Ibidem.* Nota 7.

9 *Ibidem.* Nota 7.

Murcia es el único ejemplo que destaca al mismo tiempo como la primera en el grado de conformidad de la depuración y en la reutilización de los caudales resultantes. Ya se ha insistido en que la escasa disponibilidad de recursos hídricos propios más la alta rentabilidad tanto en la agricultura de regadío como en los servicios turísticos de cada gota de agua justifica esta situación. Aunque los territorios no sean del todo equivalentes, según datos del MARM la Confederación Hidrográfica del Segura aparece con un 100% de reutilización, reforzando así el dato que se daba para Murcia. En un segundo término y por las mismas razones, pero a considerable distancia de Murcia, se encuentra La Comunidad Valenciana, con un grado de conformidad del 94% y con una reutilización cercana al 36%, aunque fuentes de la propia Comunidad la sitúan «a la cabeza de España» incluso por encima de la región vecina. Los dos archipiélagos tanto con datos del MARM como del INE, que en este caso sí proceden de territorios equivalentes, dan porcentajes de reutilización que también se acercan al 40%, aunque en este caso sin duda con una menor aportación de la reutilización para uso agrario y mayor para los servicios turísticos y el abastecimiento urbano en sentido amplio. En todos estos casos, sin duda, se trata de una larga trayectoria que no procede de una mayor conciencia ecológica sino que ha hecho de la necesidad virtud.

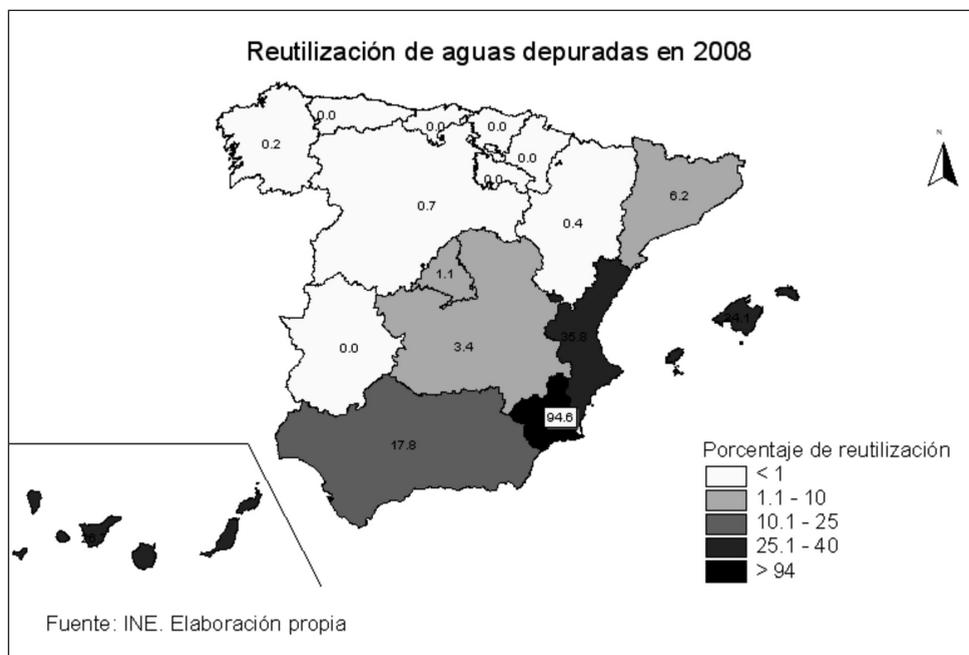


FIGURA 5. Reutilización de aguas depuradas en España (2008).

Andalucía, a pesar de contar con un 17% de reutilización según el INE, y estar por tanto ligeramente por encima de la media española ofrece grandes desigualdades internas que sí se pueden deducir de los datos ofrecidos por el MARM de Confederaciones Hidrográficas, y que, además, dados los problemas de regularidad de las precipitaciones y el uso intensivo del agua para la agricultura, los servicios turísticos y el uso urbano, quedan muy lejos del potencial

exigible. Llama la atención, una vez más, como la Andalucía mediterránea, donde la irregularidad de las precipitaciones es máxima, pero el aprovechamiento y la rentabilidad del agua para los distintos usos también lo es, y que no cuenta con un gran colector que le asegure el abastecimiento, sea la que cuente con un mayor porcentaje de reutilización, aunque menor de lo deseable. Prescindiendo de la situación intermedia de la Andalucía Atlántica, destaca el caso de la cuenca del Guadalquivir, la más grande, urbana y mejor surtida de la Comunidad Autónoma, con apenas un 2% de reutilización, por la comodidad que ofrece el principal colector andaluz, pero que debería ser mejorada ante la irregularidad de caudal que también llega a presentar.

Otro ejemplo que también merece ser citado es el de Cataluña. Como comunidad, según el INE, alcanza sólo el 6% de reutilización, cifra que queda muy lejos de lo exigible a una comunidad muy urbana en el litoral, y con gran cantidad de usos agrícolas, turísticos y, en este caso, también industriales, que podrían aprovechar el ingente caudal de agua depurada procedente, por ejemplo, del área metropolitana de Barcelona. En este caso, para hacer una comparación con los datos por Confederación del MARM, tenemos más problemas, ya que sí es útil la cifra de las cuencas internas, con un 7%, pero no sabemos qué parte del exiguo 5,59 del Ebro le puede corresponder. Con la excepción de las áreas beneficiadas por el caudal relativamente abundante y regular del Ebro, para la Cataluña mediterránea, acuciada por los habituales problemas de irregularidad de los cursos mediterráneos, aunque algunos nazcan en el Prepirineo, no existe excusa para un mayor desarrollo de la reutilización. En este sentido, los datos ofrecidos por la *Agència Catalana de l'Aigua*¹⁰ apuntan que un 80% de los 50 Hm³ reutilizados en 2008 se dedican a uso ambiental, y eso, como en otras comunidades, puede enmascarar que el agua depurada se reutilice devolviendo parte del caudal ecológico a los cursos de los ríos, lo que desvirtúa en parte la esencia de la reutilización entendida como tal. Las perspectivas de esta misma agencia hablan de alcanzar el 31% de reutilización en 2015, cifra que resultaría insuficiente pero en cualquier caso dentro de la exigencia mínima a una comunidad como la catalana, que ahora está muy lejos.

Dentro de las comunidades y confederaciones hidrográficas que ofrecen índices de depuración ínfimos o nulos cabría distinguir entre aquéllas en las que resulta comprensible por su situación geográfica y/o socioeconómica y aquéllas que deben mejorar ostensiblemente. Para Galicia, Asturias, Cantabria, Euskadi y, en parte, Navarra, que prácticamente no reutilizan absolutamente nada, se pueden alegar razones climáticas e hidrológicas (lluvias abundantes y regulares) que, por un lado, casi aseguran el abastecimiento hídrico y, por el otro, dificultan el aprovechamiento del agua reutilizada para el regadío (poco importante) o para ciertos servicios turísticos como los vinculados al modelo de sol y playa. No obstante, estas comunidades tampoco están completamente libres de las cíclicas sequías y cuentan con territorios con mayor grado de aridez y, en determinados momentos, debería poder utilizar agua depurada para ciertos usos urbanos e industriales, evitando un innecesario consumo de aguas blancas. Por otro lado, lo cierto es que es difícil convencer a sociedades con recursos hídricos abundantes de la necesidad de reutilizar aguas depuradas. Para comunidades de climas más secos, con grados de reutilización casi nulos como Aragón, Castilla-León, La Rioja, Extremadura o, en menor medida, Castilla-La Mancha hay que buscar otro tipo de razones distintas a las estrictamente climáticas. Por un lado, a pesar de encontrarse en entornos de clima seco, suelen contar con cursos de agua relativamente bien surtidos por su carácter alóctono y, por el otro, los cultivos en los que se introduce el regadío no son lo suficientemente rentables como para utilizar las aguas depuradas. Otros usos poco desarrollados, como los industriales o los turísticos tampoco tienen interés en la reutilización. Como en el caso anterior, todos estos hechos no impiden pensar en que la reutilización deba tener una mayor difusión, aunque sea

10 <http://aca-web.gencat.cat>

como recurso estratégico para las cíclicas pero siempre seguras sequías. Por último, en este contexto, llama la atención el caso de Madrid, con apenas un 1,1% de reutilización, a pesar de contar con un 100% en el grado de conformidad de la depuración. El área metropolitana madrileña, capaz de generar enormes cantidades de aguas residuales que, al menos en teoría depura, debería utilizar de forma más eficiente sus recursos y reutilizar esos caudales, sobre todo para diversos usos urbanos e industriales que están utilizando actualmente aguas limpias.

Resulta interesante, por último, señalar algunos ejemplos de reutilización de aguas depuradas que muestran las ventajas e inconvenientes de este proceso. En principio, parece conveniente poner tres ejemplos, uno para cada uno de los tres principales usos de las aguas depuradas reutilizadas, el agrario, el industrial y el recreativo.

El Consorcio de Aguas de la Marina Baja ofrece sin duda uno de los mejores ejemplos de España de reutilización de aguas depuradas para regadío (vid. tabla 5). «Merced al sistema de reutilización de residuales existentes en la comarca, basado en la cesión de aguas limpias a cambio de agua residual servida a coste cero... la construcción de la depuradora en Benidorm permite inyectar el agua sin bombeos ni elevaciones en las conducciones de la Comunidad de Regantes del Canal Bajo del Algar para el riego de unas 2.400 ha de cítricos y nísperos. A cambio, el Consorcio de Aguas de la Marina Baja se benefició (1978) de la cesión de agua limpia del sistema Algar-Guadalest, que resulta vital para mantener el suministro de agua potable a los núcleos turísticos de Benidorm, Villajoyosa y Alfaz del Pi»¹¹. Lo más interesante de esta iniciativa, que acabó con una «guerra del agua» comarcal entre agricultores que cedían agua desde los núcleos más interiores y empresarios turísticos del litoral, es que no sólo supone un intercambio territorial sino una transferencia de recursos entre dos sectores económicos, el turismo y la agricultura. Altea, Villajoyosa y Benidorm en conjunto reutilizaban en 2007 el 50% del agua residual que depuraban, pero los dos primeros llegaban al 100%, quedando Benidorm con el 29%. Es curioso que entre 1998 y 2001 la reutilización superaba el 70% y desde 2001 se ha estancado en el 50%, pero hay que tener en cuenta que en estas oscilaciones intervienen las mayores o menores demandas agrarias de agua depurada, en función de la disponibilidad de otros recursos.

Cuadro 5
USO DE AGUAS BLANCAS Y DEPURADAS PARA EL REGADÍO POR EL
CONSORCIO DE AGUAS DE LA MARINA BAJA¹²

CONSUMOS RIEGOS (m ³)	AÑO 2003	AÑO 2004	AÑO 2005	AÑO 2006	AÑO 2007	AÑO 2008	
AG. BLANCAS	13.667.307	15.779.110	17.613.411	19.672.267	18.823.926	13.392.740	12.645.120
AG. DEPURADAS	7.256.318	5.595.694	3.789.340	6.038.307	7.104.417	5.877.934	4.215.375

Fuente: Consorcio de Aguas de la Marina Baja. Datos facilitados por D. Francisco Santiago.

Otro ejemplo, también en la Comunidad Valenciana, pero de características distintas y de resultados todavía inciertos es el de las comarcas de *L'Alcoià* y *el Comtat*, de clara tradición industrial. En este caso, la depuradora de *Els Algars*, preparada para más de 100.000 h.e., ubicada en *Cocentaina* pero que depura toda el agua urbana e industrial de *Alcoi*, se acogió

11 GIL OLCINA, A. y RICO AMORÓS, A.M. (2007). *El problema del agua en la Comunidad Valenciana*, Fundación Agua y Progreso de la Comunidad Valenciana, p. 44.

12 CONSORCIO DE AGUAS DE LA MARINA BAJA (2009). *Reutilización de aguas depuradas en la Marina Baja (Alicante)*.

a un proyecto que pretendía reutilizar los caudales con un bombeo que debía salvar al menos 200 metros de desnivel. La idea inicial era mejorar la depuración, aportar agua depurada reutilizada a un campo de golf, con la consiguiente urbanización, proyectado en un enclave sensible por cuestiones ambientales (entre dos parques naturales y cabecera de acuífero) y moderar así las posibles críticas. Para completar la justificación del proyecto se ofreció esta agua depurada también a toda la industria de *Alcoi*. Actualmente el proyecto, cuyo coste inicial se ha duplicado, acumula un retraso de tres años por problemas en la depuradora y por no disponer de un depósito que almacene el agua después del bombeo para su posterior distribución. El problema más grave es que el proyecto de campo de golf y la urbanización, ni siquiera se ha iniciado, por los múltiples problemas ambientales que plantea y por la crisis económica que ha paralizado todas estas iniciativas. Ni una sola industria alcoyana ha solicitado agua de la depuradora, ya que suelen disponer de recursos propios más económicos y la utilización en refrigeración de ese caudal estaría muy limitada por la normativa de reutilización planteada en 2007 y por los problemas de brotes de legionella que este municipio acumula en los últimos años. Sin duda no se trata de un ejemplo positivo, aunque la idea de reutilizar agua depurada para uso industrial parece excelente. Hay que calcular mejor las potencialidades de la reutilización en el tejido productivo de cada entorno antes de ejecutar una obra con un presupuesto total que puede llegar a los 12 millones de euros. Otro proyecto similar y con plazos de ejecución idénticos, el de la reutilización de caudales de la depuradora próxima, *Font de la Pedra*, en *Muro de Alcoi*, exclusivamente para uso urbano e industrial, sí ha podido entrar en funcionamiento. En este contexto, los alcaldes de estos municipios urbanos e industriales vienen solicitando que el coste de saneamiento que beneficia después con el uso de los caudales depurados a la vecina comarca valenciana de *La Safor*, sea costeado de forma más equitativa entre los que depuran y los que reutilizan el agua.

La sociedad estatal Aguas de las Cuencas Mediterráneas, Acuamed, ha desarrollado un proyecto de reutilización de las plantas depuradoras de Mijas, Manilva y Estepona, en Málaga para la Mancomunidad de Municipios de la Costa del Sol Occidental. Estas obras han supuesto una inversión global de 9,3 millones de euros, de los cuales 4,6 corresponden a las plantas de Estepona y Marbella, y 4,7 a las de Mijas y Manilva. Forman parte de la actuación Reutilización de aguas residuales en la Costa del Sol, declaradas como prioritarias y urgentes por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (MARM). La actuación, regulada a través del correspondiente convenio de noviembre de 2006 con la empresa pública Acosol, tiene como finalidad la ejecución de un sistema de tratamiento terciario que garantice la calidad del agua de riego para campos de golf y zonas verdes, a partir del efluente procedente de los tratamientos secundarios de las estaciones depuradoras de aguas residuales existentes en Mijas, Manilva, Marbella y Estepona. Estas obras permiten tratar un caudal punta de 66.000 m³ al día, lo que significa aportar más de 9 hm³ al año de agua con calidad para riego. Esta producción es ampliable, en algunos casos, hasta el doble. El agua generada por estas depuradoras, junto con la de las otras tres grandes depuradoras de Acosol, ya permite regar 35 de los 42 campos de golf existentes en la Costa del Sol¹³.

3. Desalación de aguas en España: estado de la cuestión

La desalación en España que, como han precisado Canovas y Martínez (2009), tiene sus antecedentes en los años cincuenta (Sevilla)¹⁴ y sesenta (Canarias), experimentó un importante

13 Vid. información en www.iagua.es

14 Señalan estos autores que en España entre las primeras noticias relativas a la construcción de plantas de desalación de aguas destaca, en 1959, la instalación de una planta desaladora de agua de mar, por el sistema MED (Multi-effect destilacion), en Sevilla, para aplicación industrial, capaz de producir 109 m³/día.

crecimiento en la última década del pasado siglo en relación con el desarrollo de la secuencia de sequía (1990-95) que evidenció, en diversos territorios del sur y este de nuestro país, graves problemas para el abastecimiento urbano (vid. Rico, Olcina, Paños y Baños, 1998; Olcina y Rico, 1999). Desde entonces la importancia de las aguas desaladas entre los recursos disponibles para diferentes usos –principalmente, abastecimiento urbano- no ha dejado de crecer y se configura, en la actualidad, como un elemento imprescindible en la planificación hidrológica.

Al igual que se ha señalado a la hora de evaluar los recursos de agua procedentes de la depuración de aguas residuales, es asimismo difícil disponer de cifras reales sobre caudales desalados al año en España. Se conocen las capacidades de producción de las instalaciones de desalación oficiales financiadas por alguna administración, que generalmente coinciden con las desaladoras de agua del mar de gran capacidad para abastecimiento urbano; asimismo es posible conocer la capacidad de producción de plantas de desalación de grandes empresas que requieren caudales importantes de agua para llevar a cabo sus procesos productivos; e incluso se pueden descifrar los volúmenes de aguas salobres desaladas para usos agrícola de aquellas plantas incluidas en planes oficiales de aprovechamiento de aguas desaladas. Pero es imposible conocer el número real de plantas de desalación existentes y el caudal tratado puesto que existen muchas instalaciones, de pequeño tamaño, que han puesto en marcha en los últimos años pequeños agricultores para regar cultivos intensivos (invernaderos) e incluso unidades móviles que se han instalado en instalaciones hoteleras del litoral mediterráneo aprovechando aguas salobres de acuífero costero para hacer frente a puntas de demanda estival.

Por otra parte, el registro de desalinizadoras previsto en el artículo 7 del Real Decreto 1327/1995, de 28 de julio, nunca se completó y su consulta es prácticamente imposible.

El inventario de los regadíos españoles realizado por el Ministerio de Agricultura para la elaboración del Plan Nacional de Regadíos (Horizonte 2008) se incluye un apartado sobre origen del agua en las superficies de regadíos españoles. Sólo Canarias y Murcia aparecen como las dos únicas regiones donde se aprovechan esta agua con fines agrarios para el riego de 273 y 271 ha. respectivamente. Y pese a ser cierto que estas dos regiones concentrarían buena parte de las instalaciones de desalación para fines agrarios existentes en España, resulta incorrecta la superficie total que se beneficia del empleo de esta fuente no convencional. E igualmente sorprende que no se considere superficie alguna regada con aguas desaladas en Andalucía cuando en territorio almeriense es una realidad la utilización de esta fuente «no convencional» en regadíos de alto rendimiento de los Campos de Níjar y Dalías. Y, por su parte, la Comunidad Valenciana es la región peninsular que, tras Andalucía y Murcia, mayor uso de aguas desaladas para uso agrario emplea, incluso con planes desarrollados por la Administración regional (Consellería de Agricultura) para el fomento de este recurso.

A comienzos del presente siglo y antes del impulso oficial de la desalación incluido en el Plan Hidrológico Nacional 2001 y en el Programa Agua 2004, existían ya 600 minidesaladoras instaladas en el sureste español de las cuales un tercio sería ilegal al no estar registradas y carecer de permiso para el vertido de la salmuera. Son cifras que revelan la importancia que ha adquirido la actividad desaladora en el último lustro y la dificultad de controlar la instalación de unidades de desalación para aguas salobres de pequeña capacidad que abastecen parcelas de horticultura de ciclo manipulado en la región climática del sureste ibérico¹⁵.

La Asociación Española de Desalación y Reutilización señala que, en la actualidad, existen en nuestro país 900 plantas desaladoras, tanto de agua salobre como de mar, y de tamaños entre 100 y más de 100.000 m³/día de capacidad. Por su parte, el reciente informe de la con-

15 Vid. diario El País (30 de julio de 2001). En ella se destaca que el elevado ritmo de instalación de pequeñas unidades de desalación en los últimos seis años ha provocado un grave problema ambiental debido al vertido incontrolado de salmuera a barrancos o su inyección al subsuelo. Se indica que algunas desaladoras «caben en un carrito de la compra. Colocan unos cartuchos de fibra enrollada, un compresor y a tirar» (sic).

sultora DBK sobre empresas de desalación en España eleva el número de plantas desaladoras operativas a 1000, que tendrían una capacidad de 3,3 millones de metros cúbicos diarios.

En otros términos, existe disparidad en las cifras de desalación en nuestro país. Los datos oficiales que ofrece el Ministerio de Medio Ambiente (2009) hablan de una capacidad de producción instalada de 2,7 millones de m³/día y una producción real de 700 Hm³/año. El 70% de este volumen corresponde a la destilación de aguas marinas y el 30% al tratamiento de aguas salobres continentales.

En el conjunto de aguas procedentes de desalación (del mar y salobres) el uso urbano es el prioritario y supone el 55% de la producción anual. Este porcentaje se eleva si nos referimos a aguas marinas desaladas puesto que el 95% de las producidas se destina a abastecimiento urbano y turístico debido sin duda al mayor coste de producción que tienen las aguas de esta procedencia.

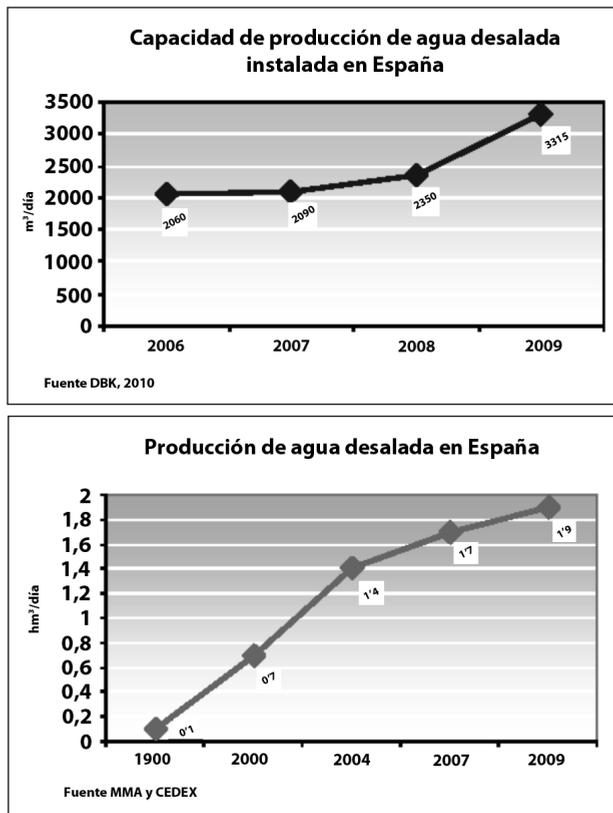


FIGURA 6. Capacidad de producción de agua desalada en España y producción real.

Fuente: DBK, MMA y CEDEX. Elaboración propia.

Aunque el volumen de agua desalada apenas representa el 3% del consumo total efectivo de agua en España, comienza a ser significativo si nos referimos al gasto urbano de agua puesto que en 2010 supone ya el 13% del consumo de agua en las ciudades.

Asimismo, este volumen de agua sitúa a España como primer país europeo en producción anual de agua desalada y el cuarto país del mundo en capacidad de producción de agua desalada, por detrás de Arabia Saudí, Estados Unidos y los Emiratos Árabes. En el mundo, según los últimos datos de la Asociación Internacional de Desalación (IDA) la capacidad de desalación de las plantas oficiales (12.451) se cifra en 60 Hm³/día (21.900 Hm³/año). El 62% de esta nueva capacidad contratada (39 millones de m³/día) corresponde a desalación de agua de mar, mientras que la desalación de aguas salobres representa otros 12 millones de m³/día (19%). En la actualidad, más de 150 países del mundo utilizan la desalación como proceso para aumentar sus recursos de agua.

El agua desalada de origen marino se ha convertido en fuente principal de abastecimiento a poblaciones en las islas de Fuerteventura, Lanzarote, Gran Canaria, Ibiza y Formentera, y supone una parte muy importante del agua consumida en Ceuta y Melilla. En las islas orientales canarias el 90% de sus respectivas poblaciones se abastece con esta agua. En estos casos pierde sentido, como se ha señalado, la expresión «no convencional» para aludir al tipo de agua utilizado. En los últimos años, además, la desalación de aguas marinas ha experimentado un decisivo impulso en la isla de Mallorca para poder atender el crecimiento de la demanda en la Bahía de Palma. La apertura de la macro-planta desaladora de Palma de Mallorca en 1999, con una capacidad de tratamiento de 42.000 m³/día —actualmente en fase de ampliación—, que se suma a la serie de actuaciones llevadas a cabo en este espacio geográfico a lo largo de los años noventa, ha situado a esta isla en posición destacada de producción de aguas desaladas de origen marino en el conjunto de España¹⁶ (vid. cuadro 6).

El análisis de estos datos permite destacar los siguientes aspectos sobre la evolución de la desalación en España durante la última década:

- Las seis primeras Comunidades Autónomas que se reflejan en el cuadro concentran el 95% de la capacidad de producción de aguas desaladas de nuestro país
- En la última década, el gran avance de la desalación en España ha tenido lugar en las regiones del litoral mediterráneo y, en particular, Andalucía, Cataluña, Comunidad Valenciana y Murcia. Este incremento en la capacidad de producción de aguas desaladas ha tenido relación con la instalación de plantas desaladoras con fines de abastecimiento urbano.
- Las Comunidades Autónomas que incluyen capacidades de producción por debajo de 10.000 m³/día y donde la desalación es un asunto excepcional en el conjunto de sus recursos hídricos disponibles, tienen que ver con la existencia de unidades para desalación de agua con fines industriales, con la instalación de sistemas de osmosis inversa en procesos de depuración de agua residual para reducir el contenido en sales de las aguas depuradas y, en menor medida, uso agrario de esas aguas.

De manera que las experiencias de desalación de aguas en España se concentran, básicamente, en los dos archipiélagos y en las tierras del litoral mediterráneo (Alicante, Murcia, Almería, Málaga) si bien existen instalaciones puntuales en municipios del interior de España (Castilla-La Mancha, Castilla y León, Extremadura, Aragón, Madrid, interior de Andalucía, Navarra) para la desalación de aguas salobres o aguas con elevado contenido en sales procedentes de depuración.

16 Recordemos que durante la sequía ibérica (1990-95) la Bahía de Palma necesitó abastecimiento foráneo ante la falta de recursos para atender unas demandas en expansión. Se activó la denominada «Operación Barco», basada en la traída de aguas del Ebro desde Tarragona mediante el sistema de buques «Móstoles» y «Cabo Prior». El trasvase, iniciado en el verano de 1995, se interrumpió en 1997 debido a la bonanza de lluvias experimentada tras el invierno 1996-97.

Cuadro 6
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE AGUA DESALADA EN ESPAÑA
 (SITUACIÓN EN 2010)

Comunidad Autónoma	Capacidad instalada (m ³ /día)	Nº instalaciones
ANDALUCÍA	816.658	67
COMUNIDAD VALENCIANA	714.080	87
CANARIAS	671.602	317
MURCIA	454.698	71
CATALUÑA	381.776	83
BALEARES	189.146	30
CASTILLA-LA MANCHA	97.936	32
CEUTA Y MELILLA	43.000	3
ARAGÓN	40.609	10
CASTILLA-LEÓN	9.448	18
EXTREMADURA	2.700	3
ASTURIAS	1.000	1
NAVARRA	960	1
MADRID	800	7
GALICIA	752	2
RIOJA, LA	720	1
PAÍS VASCO	616	3
CANTABRIA	340	2

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y CEDEX.

Como se ha indicado el abastecimiento a poblaciones a partir del tratamiento de aguas marinas supone el volumen mayor de agua desalada producida en España. En la actualidad el 13% de volumen total de agua destinada a abastecimientos urbanos en el conjunto de España procede de la desalación de agua marina y está previsto que este porcentaje se eleve al 20% hacia 2015.

Hay varios hechos que explican el enorme avance de la desalación de agua para uso urbano en España en los últimos años. Hay que mencionar que las actuaciones programadas —y en fase de desarrollo— estaban incluidas ya, en muchos casos, en el listado de inversiones del Plan Hidrológico Nacional 2001 y fueron recogidas y ampliadas en el Programa AGUA (2004). Como hitos relevantes en la política reciente de desalación de aguas en España, cabe destacar:

- La construcción de nuevas plantas de desalación de agua marina (IDAM) o ampliación de instalaciones existentes en Canarias. De los 2.500 m³/día de la primera desaladora instalada en Lanzarote se ha pasado a una producción de 671.000 m³/día. Destacan las islas orientales (Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura) donde el abastecimiento urbano con agua desalada supone más del 50% en todas ellas. Pero asimismo, Tenerife produce cerca de 100.000 m³/día de aguas desaladas de procedencia marina. Y se han instalado unidades de desalación en las islas de La Palma, Gomera y Hierro.

- Ceuta y Melilla disponen de sendas instalaciones de desalación de agua marina de gran capacidad, (23.000 y 20.000 m³/día, respectivamente) y está previsto la ampliación de la capacidad de desalación en la desaladora de Ceuta (15.000m³/día) dentro de las actuaciones del programa AGUA.
- Andalucía ha experimentado un incremento notable de su capacidad de desalación (190 hm³/año) merced a la puesta en marcha de nuevas unidades en Málaga y, sobre todo, en Almería. En esta última provincia destacan las estaciones desaladoras de Carboneras (120.000 m³/día), Almería ciudad (50.000 m³/día) y rambla de Morales (60.000 m³/día), todas ellas con agua del mar. Por su parte, en la provincia de Málaga destacan la desaladora de Marbella —inaugurada en 1995 y reformada en 2005— (56.000 m³/día) y la planta desalobradoradora de El Atabal con una capacidad instalada de 165.000 m³/día. Se estima que el 40% del agua de abastecimiento urbano que consume la Costa del Sol procede de la desalación.
- Las comunidades de Murcia y Valencia han dado un salto cuantitativo enorme en relación con la desalación de aguas para abastecimiento. En el territorio de la Demarcación Hidrográfica del Segura integrado en estas dos comunidades autónomas están en funcionamiento las desaladoras de abastecimiento urbano de Alicante y San Pedro del Pinatar, ambas pertenecientes a la Mancomunidad de Canales del Taibilla y que, tras sus respectivas ampliaciones producen 76 hm³/año. Está prevista la entrada en funcionamiento en 2010 de las desaladoras de Valdelentisco, Águilas y Torrevieja (70, 50 y 80 Hm³/año) con uso mixto del agua (abastecimiento y regadío). Se puede afirmar que, en la actualidad, la producción de agua desalada de origen marino para abastecimiento urbano en la Demarcación Hidrográfica del Segura es de 120 hm³/año, y está previsto ampliar dicha capacidad, en una segunda fase, a 133 hm³/año. En la provincia de Alicante funcionan asimismo plantas de desalación con destino al abastecimiento urbano en la comarca de la Marina Alta (Denia, Javea, Calpe). Y en el litoral de Castellón hay instaladas, asimismo, plantas desaladoras en Nules, Moncofa, Vall d'Uixo, todas ellas con capacidades de producción superiores a los 4.000 m³/día y en Betxi (1.000 m³/día), que permiten potabilizar agua salobre obtenida en pozos salinizados y con problemas de contaminación difusa por nitratos. En 2011 está prevista la puesta en marcha de la desaladora de Cabanes-Oropesa, con una capacidad de 65.000 m³/día, ampliables hasta 130.000 m³/día, para garantizar el abastecimiento de este sector del litoral de Castellón que ha experimentado un importante incremento en su parque de viviendas y que tiene previsión de que así siga siendo en los próximos años. Se está construyendo la desaladora. Y se construye, asimismo, una nueva desaladora en Moncofá para abastecimiento urbano, con capacidad para 10,3 hm³/año, ampliable a 21 hm³/año. Por último, en Sagunto está próxima la inauguración de otra macro-desaladora con capacidad para producir 8,4 hm³/año y que será la primera que se ponga en marcha en la provincia de Valencia y que tiene como finalidad el refuerzo del abastecimiento del Camp de Morvedre y del área metropolitana de Valencia. En resumen, en la Comunidad Valenciana el Gobierno ya tiene, en servicio o en diferente fase de ejecución, un total de 10 desalinizadoras (2 en Castellón: Cabanes-Oropesa y Moncofá, y 7 en Alicante: Torrevieja, Campello-Mutxamel, Denia, Guardamar, Alicante II, ampliación de Alicante I y Vega Baja).
- Baleares ha apostado por la desalación de agua marina para garantizar el abastecimiento urbano-turístico de agua potable. Desde 1999 funciona la macro-planta de la Bahía de Palma (proyectada inicialmente para el tratamiento de 42.000 m³/día y posteriormente ampliada hasta 65.000 m³/día). La ampliación en la planta desaladora de Palma ha estado motivada por la situación de desabastecimiento que se padeció realmente en la

- Bahía durante el verano de 2000 y que obligó a la instalación de 7 unidades móviles («doritas») con capacidad total de 15.000 m³/día (Vid. Rico Amorós, 2001). A la puesta en marcha de esta ampliación se han sumado las desaladoras de Formentera (4.000 m³/día), la de Ibiza (9.000 m³/día), San Antonio (17.500 m³/día) y la de Son Ferrer en la isla de Mallorca (6.500 m³/día). Asimismo, se han construido instalaciones de desalación en la isla de Menorca (Andaraz, Alcuia y Ciudadela) con capacidades de producción entre 10.000 y 14.000 m³/día. Asimismo, está en fase avanzada la construcción de la desaladora de Santa Eulalia, que aportará otros 15.000 m³/día para abastecimiento.
- Por último, la puesta en marcha de la macro-desaladora de El Prat de Llobregat ha situado a Cataluña en una posición destacada en el conjunto del Estado español por lo que se refiere a la producción de agua desalada para abastecimiento urbano. La capacidad de producción de esta planta desaladora se eleva hasta los 200.000 m³/día y su construcción avanzada —inaugurada en julio de 2009— junto al extraordinariamente lluvioso mes de mayo de 2009, tras la aguda sequía sufrida meses atrás, resultó determinante para que la Administración del Estado desechara la construcción del proyectado trasvase del Ebro a Barcelona. En Cataluña hay también experiencias de desalación con fines de abastecimiento urbano en Girona que emplea agua salobre (desaladora de la Tordera, 28.000 m³/día).

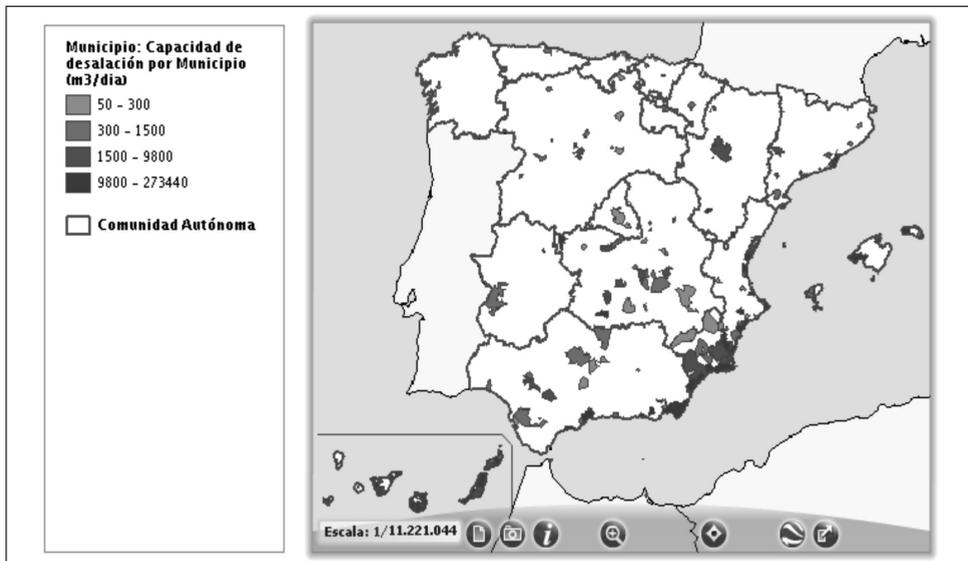


Figura 7. Capacidad de desalación en España a escala municipal.

Fuente: Libro Digital del Agua. Ministerio de Medio Ambiente.

A su vez, se han puesto en marcha algunas actuaciones destacadas a partir de la desalación de aguas salobre para riego. El cuadro adjunto (vid. cuadro 7) recoge las actuaciones más importantes de desalación de agua salobre continental iniciados en España durante los últimos años. Canarias y el territorio de la región climática del sureste peninsular acaparan las experiencias más importantes desarrolladas en los últimos años a partir de agua salobre y agua marina.

Cuadro 7
ACTUACIONES DESTACADAS DE UTILIZACIÓN DE AGUAS DESALADAS PARA RIEGO EN ESPAÑA

ÁMBITO	ACTUACIÓN
MURCIA	<p>— Instaladas 80 desaladoras para uso agrario con un potencial de desalación de 35 hm³/año (ubicadas en campo de Cartagena, Mazarrón, Lorca y Águilas). De ellas 20 hm³/año corresponden a desalación de aguas salobres y 15 hm³/año a desalación de aguas marinas.</p> <p>— Destaca por su carácter pionero la desaladora de la Comunidad de Regantes «Virgen del Milagro», inaugurada en noviembre de 1995 y con una capacidad de producción de 13.500 m³/día. Riego de 3.500 Ha.</p>
ALICANTE	<p>— La producción de aguas desaladas para riego está estrechamente vinculada con la implantación de unidades de osmosis inversa en algunas depuradoras de gran tamaño para rebajar el contenido en sales de las aguas regeneradas (Alicante, Benidorm). Se trata en realidad de plantas desaladoras. En la ciudad de Alicante, la capacidad producción de aguas desaladas para uso agrario se estima en 50.000 m³/día. En Benidorm, el sistema terciario tiene una capacidad de desalación de 19.500 m³/día.</p> <p>— Como experiencia singular de desalación, hay que mencionar el Plan PAYDES (Comarca del Bajo Segura), puesto en marcha en 1995 a raíz de la sequía de comienzos de los años noventa del pasado siglo. Se instalaron 16 plantas desaladoras (14,8 Hm³/año). Riego de 10.000 Ha. En la actualidad ninguna de ellas está en funcionamiento.</p>
ALMERÍA	<p>— En Almería destacan las experiencias de desalación con fines agrarios de Carboneras y Cuevas de Almanzora. La Macro-desaladora de Carboneras tiene una capacidad de producción de 44 Hm³/año. Abastecimiento a 23 municipios del Campo de Níjar y Bajo Andarax (300.000 hab.) y riego de 15.000 ha. En Cuevas de Almanzora, la Comunidad de Regantes dispone de una planta (2003) con una capacidad de producción de 25.000 m³/día. En estos momentos está finalizándose la nueva desaladora del Bajo Almanzora, que tiene como finalidad satisfacer la creciente demanda de recursos hídricos de la agricultura y de las localidades costeras de esta zona del levante almeriense. Para ello, está previsto que la planta tenga una producción de 20 hectómetros cúbicos de agua al año, de los cuales 15 hectómetros cúbicos se destinan a riego de las comunidades de regantes que componen la Junta Central de Usuarios del Valle del Almanzora. En total, con estos nuevos recursos hídricos se consolidarán hasta 24.000 hectáreas de cultivos de gran valor para la economía de la zona. En cuanto a los 5 hectómetros cúbicos restantes producidos por la planta, se destinarán al consumo urbano de las localidades abastecidas por la sociedad pública Galasa, que suman una población de unas 140.000 hab. Las localidades de Pulpi (5,7 hm³/año) y Palomares (7,3 hm³/año) disponen de sendas desaladoras para fines agrarios.</p>
CANARIAS	<p>— Existen algo más de un centenar de plantas desaladoras de agua salobre para uso agrario. La producción total de agua desalada para riego asciende a 50 Hm³/año. Riego de plataneras y tomates y otros cultivos frutícolas y hortícolas. Se localizan en las islas de Gran Canaria, Tenerife y Fuerteventura. Un proyecto interesante es la desaladora del Valle de San Lorenzo en la isla de Tenerife, que aprovecha las aguas residuales depuradas de Santa Cruz de Tenerife y mediante una conducción de 60 km. lleva el agua hasta el valle del San Lorenzo para su posterior distribución entre los agricultores de la zona. La capacidad de producción de agua es de 4.000 m³/día.</p>

Elaboración propia.

Es necesario mencionar, porque normalmente se considera un aprovechamiento menor, la importancia que tiene el empleo de aguas salobres desaladas para fines industriales. Empresas alimentarias, textiles, farmacéuticas, siderúrgicas, refinerías o centrales nucleares que emplean importantes volúmenes de agua en sus procesos productivos han implantado en los últimos cinco años unidades de tratamiento por ósmosis inversa que permiten el aprovechamiento de más de 40 Hm³ anuales.

Aunque no es un uso destacado, hay que referirse al empleo de aguas desaladas (aguas salobres) para usos turísticos, fundamentalmente riego de campos de golf y utilización en instalaciones de recreo (parques de agua). En efecto, la utilización principal de recursos no convencionales que lleva a cabo esta actividad se relaciona con las aguas depuradas. No obstante un 3,6% de la producción total de nuestro país está destinada a usos turísticos. Así, por ejemplo, en el archipiélago canario, la promoción residencial Meloneras Golf, en el municipio de San Bartolomé de Tirajana, al sur de Gran Canaria, ha diseñado su campo de golf para que sea regado con aguas desaladas. La hierba utilizada a lo largo del recorrido permite su riego con agua desalada, debido a su alta tolerabilidad a la sal. En la isla de Tenerife, el completo hotelero de lujo Abama Resort también utiliza aguas desaladas para el riego de su campo de golf. En el litoral mediterráneo, el empleo de desalación para el riego de campos de golf se limita, hasta el momento presente, al uso de sistemas de osmosis inversa para el tratamiento avanzado de aguas residuales depuradas. Es el caso, por ejemplo, de la promoción Xeresa Golf, utiliza aguas desaladas para el riego de su campo de golf que se obtienen de la planta de osmosis inversa construida para tal fin, con capacidad para producir 5.000 m³/día. En el municipio de Alicante sendos campos de golf utilizan aguas residuales depuradas con filtración de osmosis inversa, procedente de las depuradoras de Rincón de León y Orgegia.

Aunque son ejemplos puntuales y su uso no está muy extendido, es necesario referirse al empleo de aguas desaladas para el riego de zonas verdes. Las experiencias desarrolladas en nuestro país utilizan aguas subterráneas salobres que son filtradas con sistemas de ósmosis inversa. Es el caso de la desaladora existente, desde 1996, en el campus universitario de la Universidad de Alicante para el riego de su amplia zona ajardinada, o de la existente en el municipio de San Vicente del Raspeig, desde 1998, para el riego del parque Lo Torrent y baldeo de calles. La primera con una capacidad de producción de 450 m³/día y de tan sólo 100 m³/día en el segundo caso.

Tan importante como la actividad de desalación que se lleva a cabo en España en la actualidad son los proyectos de próxima puesta en marcha que, en muchos casos ya iniciados, van a incrementar de forma considerable el volumen de aguas desaladas durante los inmediatos años.

3.1. Costes económicos de la desalación: un proceso de reducción constante

Un aspecto fundamental para explicar la enorme difusión que ha experimentado la actividad de desalación de aguas en España durante los últimos años es la reducción de los costes de producción del agua desalada. Ello está en relación con el menor coste de los sistemas de ósmosis inversa, que suponen el 90% de los procedimientos de destilación de las aguas saladas instalados en nuestro país, con la reducción de los costes de mantenimiento de las plantas (mayor tiempo de reposición de membranas, menor coste de personal por automatización de las instalaciones) y con la reducción de los costes energéticos que han visto, además, la expansión de sistemas de cogeneración que cuentan con incentivos establecidos por ley (Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre).

Los precios del agua del mar desalada se han reducido en relación, a la disminución del consumo energético. A comienzos de los años setenta del pasado siglo las plantas de desalación producían agua producto con consumos energéticos superiores a 20 kWh/m³ debido al propio sistema de producción basado en procesos de evaporación. A comienzos de los años noventa el consumo energético oscilaba entre los 15 kw/m³ en los procesos de compresión de vapor y 9 kw/m³ en los de osmosis inversa. En la actualidad. El consumo energético específico se sitúa en 2,9 kw/m³. De manera que el avance en la producción de aguas desaladas de las dos últimas décadas ha estado en relación con la difusión de los procesos de osmosis inversa. Han disminuido también los costes de personal debido a la automatización de las instalaciones y se ha reducido asimismo el precio de las membranas al tiempo que ha aumentado el tiempo de vida útil de las mismas.

En las plantas de tratamiento de aguas salobres los costes energéticos oscilan entre 0,7 y 2,5 Kwh/m³ en función del grado de salinidad del agua y del proceso de desalación utilizado, siendo consumos entre 0,9 y 1,1 Kw/m³ el más habitual para plantas de tamaño medio o pequeño (entre 10.000 m³/día y 1.000 m³/día) (Prats, D. y Melgarejo, J., 2006).

Cuadro 8
 COSTE DE LA DESALACIÓN. AGUA DEL MAR

PARÁMETROS DE CÁLCULO	1995	2002	2004	2010
Coste de inversión(€/m ³ /día)	890	610	600	590
Periodo de amortización (años)	15	15	15	15
interés (%)	10	4	4	4
Consumo específico (Kw/h/m ³)	5,3	4,1	3,6	2,9
Precio del agua (€/kw/h)	0,077	0,048	0,048	0,048
Tipo de toma	Abierta	Abierta	Abierta	Abierta
Energía eléctrica (€/m ³)	0,408	0,196	0,172	0,139
Personal (€/m ³)	0,036	0,036	0,030	0,025
Productos químicos (€/m ³)	0,030	0,028	0,028	0,030
Mantenimiento y otros (€/m ³)	0,024	0,024	0,024	0,024
Reposición de membranas (€/m ³)	0,018	0,018	0,016	0,014
Total explotación	0,516	0,302	0,270	0,232
Amortización	0,337	0,170	0,168	0,165
COSTE TOTAL (€/m³)	0,853	0,472	0,438	0,397

Fuente: Torres Corral, 2009.

El coste energético, junto a los gastos de amortización de la propia planta siguen siendo los capítulos que ocupan el porcentaje mayor de la distribución de costes del agua desalada. En función del tamaño de la desaladora el coste energético supone el 37-43 % y el de amortización entre el 33-43 %. El cambio de membranas oscila entre el 2 y 5% del coste total; la mano de obra entre el 4 y 11 % y el resto de gastos se reparten entre mantenimiento, reactivos químicos y limpieza química de la planta.

El coste total de agua desalada del mar, incluidos los costes de implantación y los de operación oscila entre 0,38 y 0,60 €/m³ según la toma sea de pozo o directa del mar. Por su parte, para aguas salobres el coste final para unidades de tamaño pequeño o medio varía entre 0,20 y 0,60 €/m³ según las características de las instalaciones, siendo el más habitual el intervalo entre 0,30 y 0,40 €/m³. Se trata de unos precios asumibles por el uso urbano tanto si se trata de aguas del mar o salobres. Para la agricultura, los costes del agua del mar desalada resultan elevados y los de agua salobre son sólo asumibles en regadíos de agricultura de vanguardia (Morales Gil, 1997).

Cuadro 9
 COSTES DE LA DESALACIÓN, SEGÚN ORIGEN DEL AGUA (€/M³)

	PLANTAS DE AGUA SALOBRE (1.000-10.000 m³/día)	PLANTAS DE AGUA DEL MAR (10.000-140.000 m³/día)
Energía	0,030 - 0,080	0,140 - 0,176
Personal	0,017 - 0,035	0,014 - 0,100
Reactivos	0,017 - 0,055	0,018 - 0,048
Membranas	0,005 - 0,009	0,008 - 0,031
Consumibles	0,003 - 0,005	0,003 - 0,006
Mantenimiento	0,006 - 0,012	0,017 - 0,034

Fuente: Prats y Melgarejo, 2006.

Por su parte, Martínez Vicente (2009), en un exhaustivo análisis de experiencias de desalación internacionales y españolas, señala que el coste del agua del mar desalada mediante sistemas de ósmosis inversa oscila entre 0,536 €/m³, en macro-plantas de 140.000 m³/día, con toma de agua del mar a través de pozo y 0,695 €/m³ en plantas de pequeño tamaño con toma directa de agua del mar. De modo que la concentración de la actividad en plantas de gran tamaño es una tendencia deseable a medio plazo para favorecer la reducción de costes del agua desalada.

En relación con los datos de coste de la desalación para uso agrario, recientemente se ha señalado el problema que supone la repercusión de las actuales tarifas eléctricas en el precio final del agua. Así, la desaladora de la cooperativa agrícola Virgen del Milagro de Mazarrón (vid. supra), con una capacidad de producción de 20 hm³/año, tan sólo ha producido en 2010 la mitad de dicha capacidad debido al alto precio final del agua desalada (0,90 €/m³). De manera que para satisfacer sus demandas totales los comuneros acuden a la compra de agua (mercado de agua) en el alto Segura (Calasparra) donde consiguen un precio de 0,45 €/m³, notablemente inferior al agua producto desalada.

La evolución futura de los costes de desalación va a estar estrechamente ligada a la reducción de los costes de la inversión inicial, al tipo de interés —actualmente bajo, pero

con tendencia al alza— y, de manera particular, al precio de la energía. En todos estos casos, se relacionan precios del agua a pie de planta; a ello hay que sumar el incremento que aplica el concesionario de la misma y los impuestos (IVA).

A efectos de comparación, el Global Water Intelligence en su informe sobre la situación de la desalación en el mundo (2006) ha establecido una serie de escenarios de evolución de la desalación en función de la variación del coste del agua desalada. Según ello, un incremento del coste del 10% disminuiría la capacidad global instalada en el mundo alrededor del 2% respecto a los valores esperados. Por el contrario, una disminución del coste en la misma proporción supondría un aumento en la capacidad instalada del 3%; si la reducción del curso es del 20% la capacidad de producción de agua desalada a nivel mundial aumentará hasta un 14%.

3.2. Programa Agua y nuevos proyectos de desalación de aguas en España

Como se ha señalado, la puesta en marcha del programa AGUA en 2004 (R.D.L. 2/2004) ha supuesto la consolidación definitiva de las aguas desaladas como un recurso más de la planificación hidráulica de nuestro país. Ha perdido sentido, como se ha señalado, la expresión «recursos no convencionales» a la hora de contabilizar las aguas disponibles en España para garantizar las demandas existentes. La desalación es, en 2010, una pieza importante en el abastecimiento urbano de agua y cumple un destacado papel para el riego agrícola en zonas donde la escasez o la falta de otros recursos impediría el desarrollo de esta actividad.

El programa AGUA surge, tras la victoria del gobierno socialista en marzo de 2004, como nueva política de planificación y gestión del agua en las cuencas del mediterráneo que iban a ser beneficiadas por el trasvase del Ebro contemplado en la Ley del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2010). Una vez derogado dicho trasvase, se diseñó un programa de incremento de recursos y de mejora en la gestión de los existentes para dichos territorios. Por tanto, junto a la construcción de nuevas plantas de desalación para diversos usos —esencial aunque no exclusivamente, abastecimiento urbano— se contemplan medidas de reutilización de aguas residuales depuradas y mejora en sistemas de regadío y en sistemas de abastecimiento urbano. El horizonte inicial de estas actuaciones era el año 2008. Para la desalación de aguas, el conjunto de actuaciones se recogen en el cuadro adjunto.

Para este conjunto de actuaciones se presupuestó una inversión de 1.191 millones de €, a ejecutar en los cuatro años establecidos en el programa. A estas actuaciones hay que añadir las correspondientes a las ciudades autónomas y que contemplan la ampliación de la desaladora de Ceuta (22 mill. €) y la nueva desaladora de Melilla (19,2 mill. €). Para Canarias y Baleares no se contemplaron actuaciones en la propuesta aprobada del programa AGUA, no obstante se han desarrollado actuaciones que han contado con financiación del Ministerio de Medio Ambiente en el marco de las políticas de incremento de recursos hídricos en los archipiélagos.

Hay que señalar que algunas de estas medidas (plantas desaladoras) ya estaban incluidas en la Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional que, en esencia, recogía las actuaciones de desalación de aguas que diseñara el Plan Metasequía de 1995 (Rico, Olcina, Paños y Baños, 1998).

El impulso del programa AGUA durante estos años, con la definición de actuaciones concretas y la financiación, como se ha señalado, de otras nuevas, ha permitido elevar la oferta de aguas desaladas en nuestro país hasta 670 hm³/año en 2010. El desarrollo de todos los proyectos contemplados, incluyendo las actuaciones en los archipiélagos, va a permitir que la producción de agua desalada instalada en España se incremente en los próximos años (horizonte 2012) en 1.303.800 m³/día (476 Hm³/año). De manera que la capacidad total de producción de agua desalada en España ascenderá a 1.146 Hm³/año, lo que permitirá cubrir, a pleno rendimiento, con este tipo de aguas una cuarta parte de la demanda urbana de agua.

Cuadro 10
ACTUACIONES DE DESALACIÓN INCLUIDAS EN EL PROGRAMA AGUA
 (R.D.L.2/2004)

	Actuaciones	Incremento recursos
ALICANTE	Planta desaladora de La Pedrera	141 Hm ³ /año
	Planta desaladora. Mejora de la calidad en Pilar de la Horadada	
	Desaladora para L'Alacanti y Vega Baja	
	Desalación en la Marina Alta	
	Desalación en la Marina Baja	
	Ampliación de la desaladora de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla en Alicante	
	Ampliación de la desaladora de Jávea	
BARCELONA	Desaladora del área metropolitana de Barcelona	60 Hm ³ /año
GIRONA	Ampliación de la desaladora del Tordera	10 Hm ³ /año
MURCIA	Desaladora del Campo de Cartagena	140 Hm ³ /año
	Planta desaladora para garantizar los regadíos del trasvase Tajo/Segura	
	Ampliación de la desaladora de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla en Murcia	
	Planta desaladora en el Guadalentín	
	Planta desaladora para riego en Murcia	
	Desalación del Campo de Cartagena (red de distribución)	
	Medidas urgentes para dotar de recursos al Altiplano	
	Medidas urgentes para dotar de recursos al Alto Guadalentín	
ALMERÍA	Desaladora del Campo de Dalfás	165 Hm ³ /año
	Desaladora en Níjar	
	Desaladora en el Bajo Almanzora	
	Desaladora de agua de mar de Carboneras. 2ª fase	
	Desalación en el Poniente Almeriense	
MÁLAGA	Remodelación y puesta en servicio de la desaladora de Marbella	50 Hm ³ /año
	Desalación en la Costa del Sol	

Fuente: Programa AGUA. MMARM.

Cuadro 11
CAPACIDAD DE DESALACIÓN PREVISTA EN 2012 EN ESPAÑA. ACTUACIONES EN
FASE DE DESARROLLO O EN PROYECTO

COMUNIDAD AUTÓNOMA	CAPACIDAD DE DESALACIÓN (m ³ /día)
CANARIAS	87.500
BALEARES	25.000
ANDALUCÍA	192.000
MURCIA	210.000
COMUNIDAD VALENCIANA	411.800
CATALUÑA	400.000

Fuente: Fundación Cajamar, 2009.

Entre los proyectos de construcción de nuevas plantas desaladoras que se encuentran en fase de desarrollo merece destacarse las dos macro desaladoras de Cataluña, en Foix y Tordera II, con una capacidad de producción de 200.000 m³/día; en Andalucía está próxima la inauguración de la desaladora de Balema, en El Ejido, con una capacidad de 97.200 m³/día; en la Comunidad Valencina destacan las plantas de Torrevieja (180.000 m³/día), prácticamente finalizada y a la espera de finalización de su conexión energética, en Guardamar está prevista la construcción de una planta con capacidad para 120.000 m³/día y en Muchamiel otra de 50.000 m³/día; en Canarias está prevista la construcción de nuevas plantas en Granadilla, Isora, Telde, Lanzarote V, Puerto Rosario, Mogán, Las Playitas. El conjunto de actuaciones previstas en Canarias van a ampliar la capacidad de desalación en el archipiélago en 87.500 m³/día; en Baleares lo más destacable es la inclusión de la isla de Menorca en el proceso de desalación, con la construcción de la desaladora de Ciutatdella (10.000 m³/día). Por último, en la región de Murcia está en desarrollo la construcción de la desaladora de Aguilas, una macro-planta con capacidad para 210.000 m³/día y aguas producidas para abastecimiento y uso agrario.

Bibliografía

- ABS Energy Research (2010): *The Desalination Report*, April, 133 p.
- CÁNOVAS CUENCA, J. y MARTÍNEZ VICENTE, D. (2009): «La desalación de aguas en la Región del Mediterráneo», en VV.AA. (2009): *Desalación de aguas. Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos*. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia, pp. 477-491.
- COMISIÓN EUROPEA (2000): *La UE apuesta por el agua limpia*. Dirección General de Medio Ambiente, Luxemburgo, 14 p.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA (2007): *Estudio General sobre la Demarcación Hidrográfica del Segura. (V.4)*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 359 p (disponible en http://www.chsegura.es/export/descargas/planificacionydma/planificacion/docsdescarga/Estudio_general_de_la_Demarcacion_V4.pdf).
- CONSORCIO DE AGUAS DE LA MARINA BAJA (2009): *Reutilización de aguas depuradas en la Marina Baja (Alicante)*. Benidorm.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 72 p.
- Del CAMPO GARCÍA, A. (2004): «Aspectos de la nueva política del agua en las comunidades de regantes de España». *VII Congreso Nacional de Medio Ambiente*. Madrid, 8 pp.

- EUROPEAN COMMISSION (2001): *Second Forum on Implementation and Enforcement of Community Environmental Law: Intensifying our efforts to clean urban waste water*, Bruxelles, 54 p.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2009): *Water resources across Europe. Confronting water scarcity and drought*. EEA Report n° 2. Copenhagen, 55 p.
- FERRER, M., VALERO, F., ZARZO, D. And VIVES, X. (2007): «Abrera (Barcelona, Spain) Drinking WTP Upgrade through Electrodialysis Reversal (200,000 m³/day)». *IDA (International Desalination Association) World Congress on Desalination and Water Reuse*, Maspalomas, Gran Canaria.
- FUNDACIÓN CAJAMAR (2009): *La desalación en España*. Informes y Monografías, n° 22. Almería, 35 p.
- GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (eds.) (1995): *Planificación Hidráulica en España*, Fundación Caja del Mediterráneo, Alicante, 430 p.
- GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (eds.) (1999): *Los usos del agua en España*, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante, 681 p.
- GIL OLCINA, A. y RICO AMORÓS, A. (2007): *El problema del agua en la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana. Fundación Agua y Progreso, Valencia, 221 p.
- GIL OLCINA, A. y RICO AMORÓS, A. (2008): *Políticas del agua III. De la Ley de Aguas de 1985 al PHN. Esamur, Región de Murcia y Pesar*, Generalitat Valenciana, Murcia, 484 p.
- Global Water Intelligence (2006): *Desalination Markets 2007: A global Industry Forecast*, December, 453 p.
- JIMÉNEZ SHAW, C. (2009): «Aspectos jurídicos de la desalación» en VV.AA. *Desalación de aguas. Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos*. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia, pp. 521-550.
- MARTÍNEZ VICENTE, D. (2009): «Coste del agua del mar desalada por ósmosis inversa», en VV.AA. *Desalación de aguas. Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos*. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia, pp. 553-589.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2000): *Proyecto de Plan Hidrológico Nacional. Documentación Técnica*. Secretaría de Estado de Aguas y Costas, 5 vols.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2001): *Desalación de agua del mar. Costes y efectos ambientales*. Plan Hidrológico Nacional. Anexo. Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Madrid. 45 p.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2009): *Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y depuración 2007-2015. La puesta en marcha del Plan Nacional de Calidad de las Aguas 2007-2015: nuevos objetivos*, Dirección General del Agua, Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2010): *Perfil Ambiental de España 2009. Informe basado en indicadores*. Secretaría General Técnica. Madrid, 343 p.
- MORALES GIL, A. (1997): *Aspectos geográficos de la horticultura de ciclo manipulado en España*, Universidad de Alicante, Alicante, 167 p.
- MORALES GIL, A. (2002): «Un modelo de eficiencia en el abastecimiento urbano de agua: la Mancomunidad de los Canales del Taibilla». En Confederación Hidrográfica del Segura, 1926-2001, 75 Aniversario, Ministerio de Medio Ambiente, pp. 292-305.
- OLCINA CANTOS, J. (2002): «Nuevos retos en depuración y desalación de aguas en España», *Investigaciones Geográficas*, 27. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante, pp. 5-34.
- OLCINA CANTOS, J. y RICO AMORÓS, A. (1999): «Recursos de agua «no convencionales» en España. Depuración y desalación», en *Los usos del agua en España* (Gil Olcina, A. y Morales Gil, A., eds.), Instituto Universitario de Geografía y Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante, pp. 203-252.
- PALOMAR, P. And LOSADA I.J. (2010): «Desalination in Spain: recent developments and recommendations». *Desalination*, 255. Elsevier. pp. 97-106.
- PRATS RICO, D. Y MELGAREJO MORENO, J. (2006): *Desalación y reutilización de aguas. Situación en la provincia de Alicante*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Territori i Habitatge, Instituto Universitario de Agua y Ciencias Ambientales y COEPA. Alicante, 164 p. + CD.
- RICO AMORÓS, A. M. (1996): «Depuración y reutilización de aguas residuales en el litoral alicantino», en *Papeles de Geografía* n° 23-24, Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Murcia, pp. 245-261.

- RICO AMORÓS, A. M. (2001): «Actuaciones frente a las sequías» en *Causas y consecuencias de las sequías en España* (A. Gil Olcina y A. Morales Gil, eds.), Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante, pp. 421-485.
- RICO AMORÓS, A. M. (2001 b): «Los recursos de agua» en *La periferia emergente. La Comunidad Valenciana en la Europa de las regiones* (Romero, J., Morales, A., Salom, J. y Vera, F., coords.), Edit. Ariel, Barcelona, pp. 421-461.
- RICO AMORÓS, A.M. (2004): «Sequías y abastecimientos de agua potable en España». En Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, nº 37. Murcia, pp. 137-181.
- RICO AMORÓS, A.A. (2007): «Tipologías de consumo de agua en abastecimientos urbano-turísticos de la Comunidad Valenciana», *Investigaciones Geográficas*, nº 42, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, pp. 5-34.
- RICO AMORÓS, A. M., OLCINA CANTOS, J. PAÑOS CALLADO, V. BAÑOS CASTIÑEIRA, C. (1998): *Depuración, desalación y reutilización de aguas en España*, Edit. Oikos-Tau, Vilasar de Mar, 255 p.
- RUBIO, M. y ZARZO, D (2004): «Panorama actual de la desalación y reutilización para usos agrícolas». *Riegos y drenajes XXI*, year XX, nº 136, may-june, pp. 22-26.
- VV.AA. (2009): *Desalación de aguas. Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos*. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia, 645 p.
- VALERO, A., UCHE, J. y SERRA, L. (2001): *La desalación como alternativa al Plan Hidrológico Nacional*. Gobierno de Aragón, CIRCE y Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 108 p.
- VERA REBOLLO, J. F. (2002): «Transferencia de recursos y demandas turísticas» En *Insuficiencias Hídricas y Plan Hidrológico Nacional* (Gil Olcina, A. y Morales Gil A. eds.), CAM e Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante. Alicante, pp. 179-200.
- VERA REBOLLO, J. F. y TORRES ALFOSEA, F. (1999): «Peculiaridades y tendencias en el gasto turístico del agua». En *Los usos del agua en España*, (Gil Olcina, A. y Morales Gil A. eds.), CAM e Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, Alicante, pp. 161- 201.
- VERA REBOLLO, J.F., OLCINA CANTOS, J., DÍEZ SANTO, D. (2009): «Repercusiones del Trasvase Tajo-Segura en el sector turístico de la Región de Murcia», en Melgarejo Moreno, J. (dir.) *El Trasvase Tajo-Segura: Repercusiones económicas, sociales y ambientales en la cuenca del Segura*. CAM. Alicante, pp. 465-516.
- ZARZO, D. BUENDÍA, R. y GARCÍA, C. (2006): «Desalinización de aguas residuales urbanas por osmosis inversa con pretratamiento convencional» *VI Congreso Nacional de AEDyR (Spanish Desalination and Reuse Association)*. 8-10 November, Palma de Mallorca.
- ZARCO, D., GARCÍA SOTO, C.G. and BUENDÍA CANDEL, R. (2009): «Experiences on Desalination of Different Brackish Water» IDA World Congress, Dubai, ref: IDAWC/DB09-135, 14 pp.

