

---

# Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España.

---

Joaquín Melgarejo  
Universidad de Alicante

---

## *Resumen*

Las actuaciones de reutilización de aguas depuradas no deben contemplarse aisladamente y en función exclusiva del beneficio que pueda producir en el usuario. Las aguas regeneradas han de considerarse como un recurso no convencional, cuya gestión debe incluirse en una planificación integral de los recursos hídricos, que tenga en cuenta los aspectos económicos, sociales y medioambientales. Las aguas regeneradas tienen unas importantes ventajas: incrementan los recursos disponibles y son más baratas que los trasvases o la desalinización y permiten reducir la sobreexplotación de acuíferos, y están proporcionando caudales ecológicos. En el trabajo se analiza la situación de la depuración y reutilización en España, así como los posibles efectos ambientales positivos que su uso genera. Del mismo modo se estudian los costes de los diferentes procesos que posibilitan la reutilización de aguas depuradas regeneradas.

**Palabras clave:** reutilización del agua, medioambiente, España, desalinización.

**Clasificación JEL:** Q25

---

### **Environmental and economic effects of the re-use of water in Spain.**

#### **Abstract**

Re-using treated water should not only be seen in terms of the benefits it provides to the consumer. The use of regenerated water is best considered as central to a company's overall water-resource strategy, taking into account the economic, social and environmental benefits it provides.

Treating regenerated water increases available resources, and is much cheaper than the alternatives, particularly the transfer of clean water, or the process of desalination. Furthermore, reducing the use of road transport, aqueducts and conduits serves to minimise a great deal of ecological damage.

In this article we analyse the situation of treatment and re-use of water in Spain, and its positive environmental effects. We also consider the different processes that enable the re-use of regenerated or treated water.

**Key words:** reusing water, environment, Spain, desalination.

**JEL Classification:** Q25

## **1.- Introducción.**

El notable desarrollo alcanzado por la reutilización planificada del agua, especialmente en países con recursos hídricos suficientes, se ha debido tanto a la necesidad de ampliar los abastecimientos de agua como a la exigencia de mejorar las formas de gestión de los vertidos de aguas depuradas. El incremento registrado por las dotaciones de agua de abastecimiento, junto con el aumento de población experimentado por numerosas zonas urbanas, han hecho que las fuentes de abastecimiento tradicionales sean insuficientes para atender una demanda en permanente expansión.

Las actuaciones de reutilización de aguas depuradas no deben contemplarse aisladamente y en función exclusiva del beneficio que pueda producir en el usuario. Las aguas regeneradas deben considerarse como un recurso no convencional, cuya gestión debe incluirse en una planificación integral de los recursos hídricos, que tenga en cuenta los aspectos económicos, sociales y medioambientales. La reutilización puede incrementar los usos del agua ya utilizada, aumentando la disponibilidad de recursos hídricos. En este sentido, la mejora de la calidad de los efluentes es el elemento clave en el aprovechamiento y la gestión del agua. Así, el agua regenerada puede sustituir usos que no requieran una calidad elevada, liberando volúmenes de mejor calidad para otros usos más exigentes. Las limitaciones ambientales y las sequías plurianuales han llevado a numerosas poblaciones a plantearse la utilización de aguas depuradas como fuente adicional de agua para aprovechamientos que no requieran una calidad de agua potable. Al mismo tiempo, las crecientes exigencias sanitarias y ambientales sobre la calidad de las

aguas continentales y marinas, junto con los requisitos de ubicación y los niveles de tratamiento cada vez más estrictos impuestos a los vertidos de aguas depuradas, han hecho que el agua regenerada se convierta en una fuente alternativa de abastecimiento, económica y segura desde el punto de vista sanitario y ambiental.

Los beneficios de la reutilización se manifiestan principalmente en el incremento de los recursos disponibles, teniendo en cuenta además, que frente a otros recursos alternativos, las aguas regeneradas tienen unas importantes ventajas: son un recurso estable al estar condicionado por el abastecimiento y en zonas costeras este aumenta en verano; es más barato que los trasvases o la desalinización, ya que consume menos energía que los anteriores métodos de incremento de la oferta. Con los tratamientos actuales su calidad es suficiente para la mayoría de los usos, por lo que carece de sentido usar agua de mejor calidad para el riego u otras actividades a un coste excesivo. Permite liberar recursos de mejor calidad para el abastecimiento mediante el intercambio con los regantes<sup>1</sup> y reservar agua potable para usos domésticos mediante la implantación de doble red. Del mismo modo, la utilización de aguas regeneradas permite reducir la explotación de acuíferos sobreexplotados o con problemas de intrusión, especialmente marina en áreas costeras. En multitud de ocasiones, tras el tratamiento adecuado estas aguas se están utilizando para proporcionar caudales ecológicos o volúmenes ambientales, el caso más reciente y significativo por el agua proporcionada es la EDAR de Pinedo en Valencia, donde se vienen reutilizando 78 hm<sup>3</sup>/año que son empleados en el regadío y en la restauración medioambiental de Parque Natural de la Albufera. Su uso en la agricultura disminuye el consumo de fertilizantes al aprovechas

---

1) Un ejemplo de probada eficacia lo encontramos en la comarca de la Marina Baja (Alicante), donde se vienen realizando permutas entre la agricultura y el abastecimiento a través de del Consorcio de Aguas de la Marina Baja El Consorcio de Aguas de la Marina Baja, es el garante del abastecimiento en alta de la mayor parte de la población de la comarca desde 1968, ha sabido articular, junto a los regantes, un sistema de intercambio de caudales que garantizan la "suficiencia" de recursos globales del sistema. Los regantes acceden a no utilizar o liberar aguas blancas que por derecho les corresponden según las concesiones otorgadas, y con las mismas satisfacer las necesidades de abastecimiento de los municipios costeros. A cambio, el Consorcio se compromete a enviarles caudales depurados en buenas condiciones de calidad para atender a las necesidades de regadío, procedentes de las EDAR de la comarca o a financiar las obras y gastos corrientes de aquellas otras comunidades que no aceptan estos caudales. El equilibrio del sistema lo completa una transferencia de recursos, bien como aportaciones directas del CAMB a los presupuestos de las comunidades de regantes, bien a través del pago de facturas energéticas en su nombre y mantenimiento de infraestructuras, que ha sido desde los años setenta, y sigue siendo, favorable para todas las partes implicadas. De esta forma, el análisis de la demanda urbana de agua no puede ir separado del estudio de la demanda agrícola, y viceversa, tanto si el consumo es de caudales blancos, como si analizamos el consumo de aguas depuradas. El sistema real funciona de forma integrada.

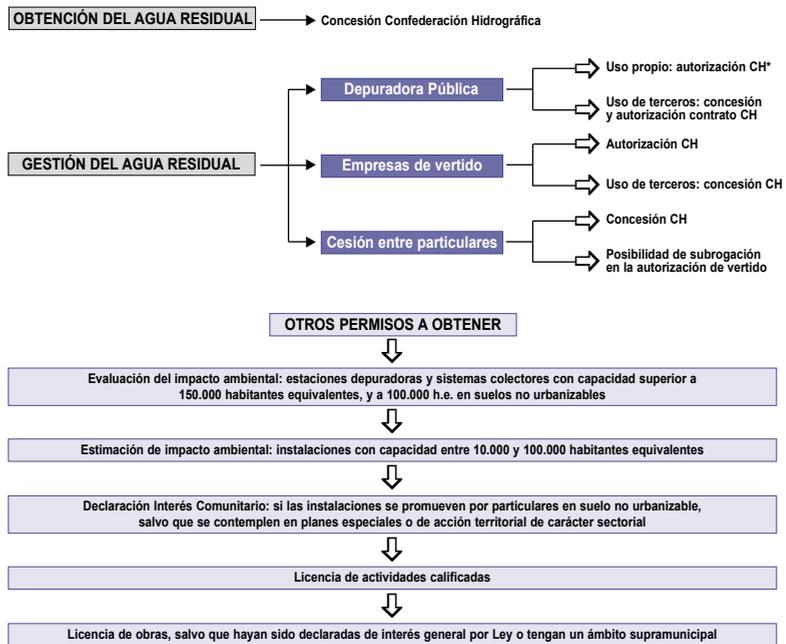
los nutrientes que esta agua regenerada puede aportar. Proporciona alternativas al vertido del agua depurada en zonas en que éste resulta complicado. Puede utilizarse con el tratamiento adecuado en usos industriales o recreativos. Contribuye a la depuración del agua cuando se utiliza como filtro verde, al eliminar sustancias más difícilmente biodegradables. En definitiva, las aguas regeneradas reutilizadas, rentabilizan los procesos de depuración y aportan tecnología y una posición de vanguardia en la gestión racional de los recursos hídricos.

Los tratamientos para la regeneración incrementan la garantía sanitaria en aquellas zonas en las que ya venían siendo utilizadas las aguas residuales con inferior tratamiento para el riego; mejoran la productividad de los cultivos, al eliminarse sustancias perjudiciales y eliminan la contaminación por vertido al dominio público, en caso de no reutilización directa. Derivados de estos hay que señalar otros beneficios indirectos que pueden obtenerse como la demanda de actividad en el sector de la construcción y la creación de empleo que conlleva el esfuerzo inversor en infraestructuras y el mantenimiento de la agricultura y sus valores ambientales, sociales y patrimoniales.

## ***2.- La situación de la depuración y reutilización en España.***

Desde el punto de vista jurídico, la promoción de las obras asociadas a la reutilización de aguas depuradas puede venir dada por la propia administración estatal a través de los organismos de cuenca y de las sociedades estatales cuando las obras son consideradas de interés general, si bien las comunidades autónomas disponen de competencias en la materia cuando las obras son de interés autonómico; y nada impide, asimismo, que las entidades locales puedan participar en la promoción de estas actividades tanto individualmente como de manera conjunta con el resto de administraciones territoriales. Finalmente, también cabe la posibilidad de que las comunidades de usuarios puedan participar en este tipo de actuaciones en su condición de administraciones públicas de naturaleza corporativa, sobre todo cuando se trate de actuaciones destinadas a regadíos.

**Figura 1.**  
**Concesiones, autorizaciones y permisos con las distintas administraciones que son necesarios para actividades de depuración y reutilización.**



\* Confederación Hidrográfica

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la situación de la reutilización en España, el volumen máximo está limitado por la cantidad de agua urbana depurada, la situación geográfica respecto al uso de estas instalaciones, la demanda, la aceptación del recurso y la viabilidad económica y medioambiental del mismo. En el *Libro Blanco del Agua en España* (2000) se preveía como volumen máximo de efluentes depurados, una vez finalizado el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración en cumplimiento con la Directiva 91/271/CEE, unos 3.500 hm<sup>3</sup>/año, de los que aproximadamente 1.200 hm<sup>3</sup>/año podrían ser reutilizados. En 2005 se depuraban unos 2.400 hm<sup>3</sup>/año, de los que aproximadamente un 17% se reutilizaron (Iglesias, 2005). Aunque el porcentaje de reutilización respecto al total de recursos disponibles es bajo (2,67%), éste se torna estratégico e incluso imprescindible en algunas zonas de España, sobre todo en aquéllas que tienen un déficit estructural. La mayoría de los proyectos

realizados o en fase de estudio tiene una finalidad agrícola, si bien se observa una tendencia creciente a reutilizar con fines medioambientales.

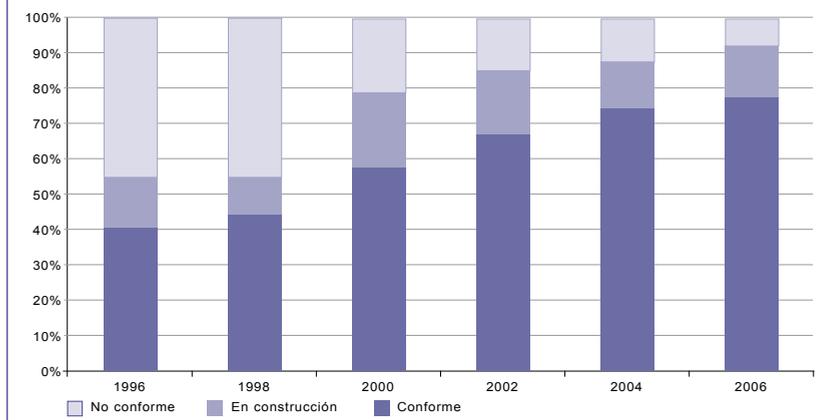
Para que la reutilización directa planificada se pueda realizar en condiciones apropiadas es necesario que se cumplan una serie de requisitos: disponibilidad de aguas residuales depuradas que, en ocasiones, necesitarán tratamientos adicionales; estudios de viabilidad económica, social y medioambiental; normativas que definan los límites de calidad en función de los usos posibles; sistemas de gestión y operación de las aguas regeneradas; y, por último, una política de precios del agua regenerada, que contemple cómo y quién cubre los gastos relacionados con las infraestructuras, instalaciones y costes de operación asociados a la reutilización.

En cuanto a los usos del agua regenerada, éstos pueden ser muy diversos, ya que, exceptuando la alimentación humana y animal, prácticamente todos son posibles. El destino que se de al agua depurada estará condicionado por su calidad. El grado del tratamiento o tratamientos efectuados determinará la calidad del agua tratada, siendo su coste variable y creciente a medida que el agua obtenida sea de mayor calidad, coste que además será función de las características iniciales del agua recibida en la planta depuradora.

La gestión de las aguas residuales debe estar incluida en una planificación integral de recursos hídricos, dónde se tengan en cuenta los aspectos económicos, sociales y medioambientales. Así, la reutilización puede incrementar los usos del agua ya utilizada, sustituyendo usos que no requieren una calidad elevada y aumentando de este modo la disponibilidad de recursos hídricos, al liberarse volúmenes de mejor calidad para otros usos más exigentes. Por tanto, y coincidiendo con lo que señala Francesc Hernández (2006), *"la reutilización de recursos obtenidos de la regeneración de aguas residuales debería considerarse irrenunciable, tanto desde el punto de vista social como ambiental y sanitario", ya que "además de optimizar el propio proceso de depuración, con la utilización de estos recursos no convencionales se consigue rebajar la presión de la demanda sobre los determinados recursos hídricos convencionales"*.

El Plan Nacional de Saneamiento y Depuración 1995-2005, a finales de 2005, presentaba un grado de conformidad del 76%, en construcción un 13% y no conforme un 11%. El balance de este Plan

**Figura 2.**  
**Evolución del grado de conformidad de la carga contaminante desde la publicación del Plan Nacional de Saneamiento y Depuración. 1995-2005.**



Fuente: MIMAM, 2007.

es muy satisfactorio habiendo pasado el grado de conformidad con la normativa comunitaria del 41% en 1995 al 77% en 2005 (figura 2); la carga total suponía, en diciembre de 2005, 73,3 millones de habitantes equivalentes, resultando no conformes 6,5 millones de habitantes equivalentes (9%). En 2007 existían en España en torno a las 2533 EDAR que tratan más de 3.375 hm<sup>3</sup>/año de aguas residuales, con una tasa de reutilización del 13,25% (450 hm<sup>3</sup>/año).

El nuevo Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015 tiene como objetivo fundamental dar satisfacción a las necesidades no cubiertas y futuras en materia de saneamiento y depuración de las Comunidades Autónomas y las Corporaciones Locales. Así, el nuevo Plan, aprobado el 8 de junio de 2007 por el Consejo de Ministros y con un coste estimado de 19.007 millones de euros, pretende completar el cumplimiento de las exigencias comunitarias; contribuir a alcanzar en el año 2015 los objetivos ambientales de la Directiva marco del agua y del programa AGUA; afrontar las nuevas inversiones derivadas de la revisión de las zonas sensibles (200 aglomeraciones afectadas por la Resolución de julio de 2006) y facilitar la reutilización de las aguas depuradas hasta niveles que pueden llegar a alcanzar los 1200 hectómetros cúbicos anuales. La tabla 1 muestra el resumen nacional provisional de inversiones totales, en millones de €, a

**Tabla 1.**  
**Resumen nacional provisional de inversiones totales, en millones de €, a realizar por Comunidades Autónomas.**

1. Actuaciones declaradas de Interés General (incluye las actuaciones de Confederaciones Hidrográficas y Sociedades Estatales)	1.114 €	5,7 %
2. Actuaciones sin EDAR o con EDAR no conforme	2.903 €	14,8 %
3. Actuaciones por nueva declaración Zonas Sensibles	4.782 €	24,3 %
4. Actuaciones para cubrir necesidades futuras	5.620 €	28,6 %
5. Actuaciones para contribuir a alcanzar los objetivos de la Directiva Marco del Agua (DMA)	1.938 €	9,9 %
6. Actuaciones en saneamiento (sin depuración)	2.741 €	14,0 %
7. Actuaciones para fomentar I+D+i en saneamiento y depuración	547 €	2,8 %
<b>TOTAL</b>	<b>19.645 €</b>	<b>100 %</b>

Fuente: MIMAM, 2007.

realizar por Comunidades Autónomas. A través de este Plan el Gobierno colaborará con las Administraciones territoriales en el desarrollo de actuaciones que son competencia de las mismas, para de este modo garantizar el cumplimiento en plazos y condiciones de las exigencias derivadas de las directivas europeas. La participación del Ministerio se concretará en: la realización de las actuaciones declaradas de interés general del Estado pendientes de ejecutar por un presupuesto de 3.046 millones de €; realización de actuaciones, por importe del 25% del coste, para mejorar la calidad de las aguas en “zonas sensibles” de nuestros ríos o nuestras costas, derivadas de la declaración de Zonas Sensibles por España o Portugal, para ello se invertirán 557 millones de €; participación al 50% con las Comunidades Autónomas en actuaciones que afecten a Parques Nacionales y en municipios con territorios de la Red Natura 2000, para asegurar la calidad de las aguas en estos ámbitos ambientalmente más exigentes, con un importe total de hasta 1.200 millones de €; financiación, sin intereses, del 50% de las actuaciones que se acuerden con las CCAA, con recuperación de la inversión a 45 años, por parte de las Sociedades Estatales de Agua, hasta un importe máximo de 1.430 millones de €. En definitiva, el Ministerio participará con 6.233 millones de €, de los cuales 3.046 son heredados del Plan de Saneamiento 1995-2005. El objetivo con este Plan Nacional de Calidad de las aguas es posibilitar la reutilización de las aguas depuradas incrementando la oferta hasta alcanzar aproximadamente los 1200 hm<sup>3</sup>/año disponibles en 2015.

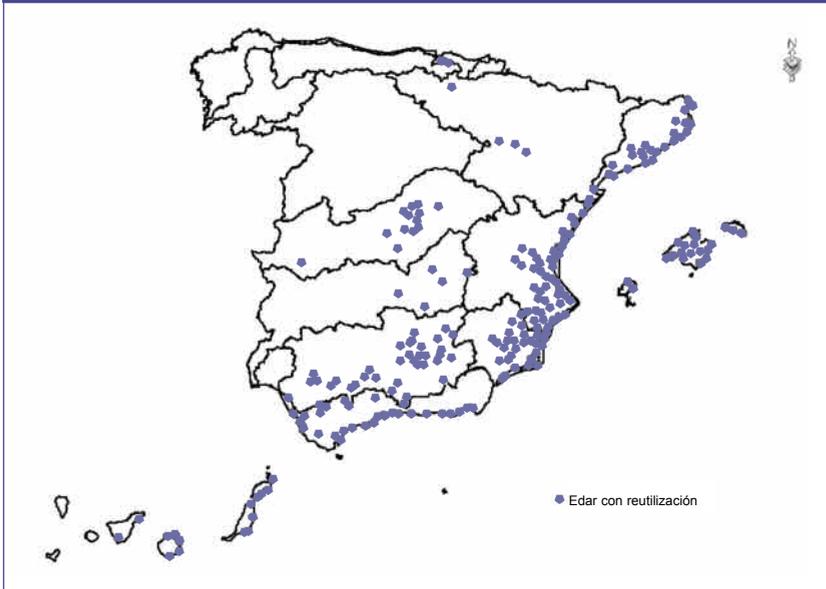
Puede estimarse que la ejecución del PNCA va a significar un incremento de los volúmenes de aguas residuales depuradas de unos

1.500-1,800 hm<sup>3</sup>/año, lo que permitirá aumentar el volumen de agua susceptible de reutilización, y acercarlas a las zonas potenciales de demanda. Sin embargo, el aumento de los volúmenes depurados no va a significar un incremento automático de la reutilización, ya que existen diversos factores que pueden frenar su extensión, entre los que destacan: La falta de regularidad en la calidad del efluente depurado en algunas EDAR, debido a problemas internos de la planta (operación deficiente, bajos presupuestos de explotación, etc.) o externos a ella que tienen lugar en la red de saneamiento (vertidos incontrolados, intrusión salina en colectores, etc.) La necesidad de utilizar los efluentes depurados para garantizar el caudal ecológico, especialmente en los momentos de estiaje o épocas de sequía. La dificultad de convertir las demandas potenciales en reales, especialmente en el caso de reutilización en riego agrícola, debido a la resistencia de los agricultores a sustituir los recursos tradicionales por el agua regenerada (prevenciones sanitarias, mayores costes del agua regenerada, etc.). La ausencia de una cultura de la planificación en la toma de decisiones respecto a las actuaciones de reutilización, que implica la adopción de iniciativas sin los necesarios estudios de viabilidad. La potencialidad de la reutilización es un hecho incontrovertible, pero su consolidación como recurso no convencional estratégico es un reto que obliga a todos los actores con responsabilidad en el tema a actuar de forma coordinada y con absoluto rigor en la planificación de las actuaciones futuras.

En el año 2001 existían en España alrededor de 140 sistemas de reutilización, mientras que en el año 2006, aumentaron a 322 sistemas, los cuales disponían de un caudal concesionado o en trámite de de obtener la concesión de 506,8 hm<sup>3</sup>/año.

En la figura 3 se observa la ubicación geográfica de los sistemas de reutilización. Se puede ver como el mayor número de sistemas se encuentra en el arco mediterráneo, Andalucía y los archipiélagos de Baleares y Canarias, zonas donde existe una alta demanda urbana y/o agrícola y dificultades para obtener recursos suficientes, debido al agotamiento y deterioro de las fuentes de abastecimiento tradicionales, la progresiva salinización de los acuíferos y al insuficiente régimen de precipitaciones de estos lugares. En el interior de la península destaca Madrid sobre el resto de las comunidades autónomas.

**Figura 3.**  
**Ubicación geográfica de los sistemas de reutilización.**



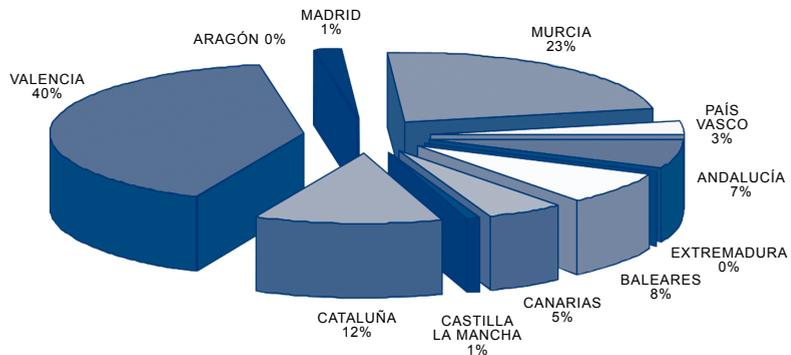
Fuente: CEDEX, 2008.

El volumen de aguas depuradas reutilizadas en España en 2006 se situaba en torno a los 368 hm<sup>3</sup>/año y suponía un 10,8 % del caudal de aguas residuales depurado. El mayor caudal reutilizado se da en el arco Mediterráneo, Andalucía y los archipiélagos de Baleares y Canarias, destacando la Comunidad Valenciana, que reutilizaba 149 hm<sup>3</sup>/año (40,4% del total del caudal reutilizado) y la Comunidad de Murcia, que reutilizaba 85 hm<sup>3</sup>/año (23,0% del total del caudal reutilizado), ambas comunidades han seguido incrementando sus programas de reutilización hasta alcanzar en el caso de la Comunidad Valenciana en 2010 los 350 hm<sup>3</sup>, lo que significa un incremento de más del doble de lo que se reutilizaba en 2008<sup>2</sup>.

Hasta el momento, los análisis centrados en los aspectos técnicos y legales de la reutilización de agua regenerada han tenido

2) El Plan de reutilización de Aguas en el área metropolitana de Valencia consiste: en la ampliación de la capacidad de siete depuradoras y la modernización y mejora de los sistemas de tratamiento en la construcción de las conducciones necesarias para transportar el agua depurada al lugar de uso y en la construcción de colectores para desconectar totalmente los sistemas de alcantarillado y las infraestructuras de riego. El coste de estas actuaciones asciende a unos 140 millones de euros, que generaran unos 150 hm<sup>3</sup>/año de agua regenerada para regar la huerta de Valencia y mantener la Albufera; para ello se ha ampliado y modernizado la depuradora de Pinedo, Carraixet, Horta Nord, Paterna, Quart-Benàger, Torrent y Palmaret (nueva). En Alicante, ya se han licitado las tres nuevas depuradoras que darán servicio al área metropolitana de Alicante, con una inversión superior a los 90 millones; se trata de las nuevas depuradoras: Alacantí Nord, Alacantí Sud y El Campello.

**Figura 4.**  
**Distribución de volúmenes reutilizados.**



Fuente: CEDEX, 2008.

un desarrollo importante y han contado con una metodología generalmente bien estructurada. Por el contrario, los aspectos ambientales, sociales y económicos presentan un enorme rezago y unos presupuestos metodológicos que necesitan ser reforzados. Hay que comenzar señalando la nueva definición legal de **aguas regeneradas**: aguas residuales depuradas que, en su caso, han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan (RD 1620/2007, de 7 de diciembre.) Es un término que cada día cobra mayor fuerza y tiene que ver con la búsqueda de la aceptación social de este agua, ya que, desde el punto de vista técnico y en el ámbito de las aguas residuales, efluente tratado, aguas tratadas y aguas regeneradas son sinónimos.

La promulgación del Real Decreto 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización supone un avance importante en la regulación de la reutilización al clarificar tanto las responsabilidades de las Administraciones Públicas, como las correspondientes a los concesionarios y usuarios finales y establecer los criterios de calidad para cada uno de los posibles usos, así como la frecuencia mínima de muestreos, los métodos analíticos de referencia y los criterios de conformidad.

El Real Decreto 1620/2007 supone también realizar, por parte de las Administraciones competentes y de las empresas concesionarias, un gran esfuerzo para adecuar los sistemas de



Fuente: RD, 1620/2007.

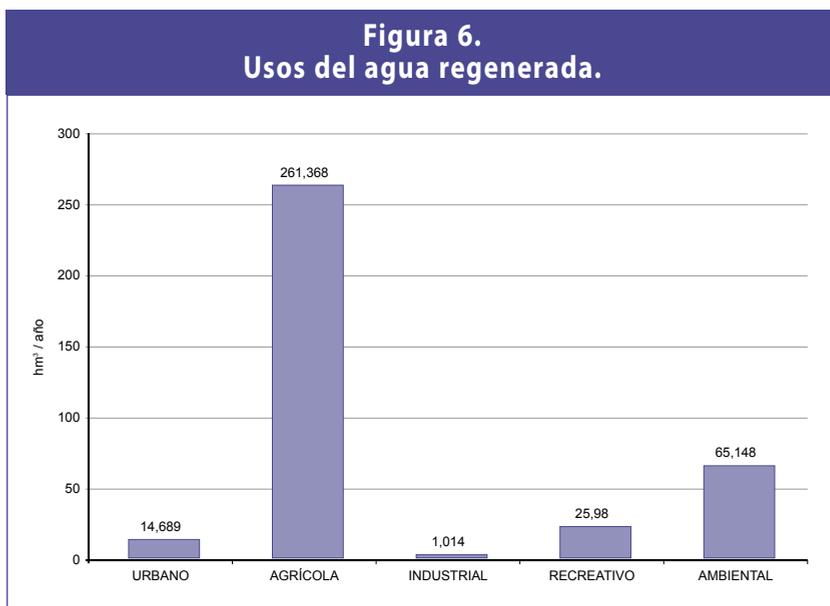
reutilización existentes y en especial los tratamientos de regeneración, a las exigencias de esta normativa. En su disposición transitoria primera, se establece un plazo de dos años a partir de la fecha de entrada en vigor del real decreto para realizar la adecuación, plazo que finaliza en diciembre de 2009.

### **3.- Usos del agua regenerada en España.**

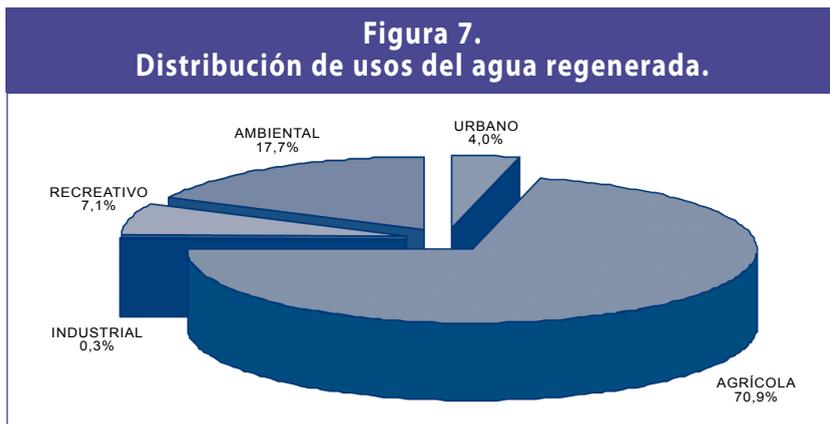
Cabe destacar que los usos potenciales de reutilización de las aguas regeneradas son: en primer lugar, el agrícola (terrenos de cultivo, pastos, zonas ornamentales, cultivos industriales, acuicultura, viveros, ...); en segundo lugar, la recarga de acuíferos, con el fin de resolver problemas ambientales de lucha contra la intrusión marina y regeneración de algunos ecosistemas perdidos por la sobreexplotación; en tercer lugar, ambientales y recreativos (campos de golf, silvicultura, zonas verdes no accesibles al público,...), urbanos (riego de jardines privados, baldeo de calles,...) e industriales (sector textil,...). Con todo, es preciso que las administraciones regionales regulen esta cuestión obligando a que en cualquier proyecto de puesta en marcha, así como en los ya existentes, se emplee exclusivamente aguas residuales depuradas.

Los cinco usos principales a los que se destina el agua regenerada en España están representados en los gráficos de las figuras 6 y 7.

La aplicación mayoritaria de las aguas regeneradas es agrícola, con un volumen anual de 261 hm<sup>3</sup>/año, lo que supone el 70% del volumen total reutilizado. Según el informe del CEDEX, en este caso no se incluye en el uso agrícola aquellos riegos que están utilizando agua bruta, como son zonas forestales o cultivos agrícolas, los cuales deberán adecuar los usos a las calidades



Fuente: CEDEX, 2008.



Fuente: CEDEX, 2008.

exigibles por el RD 1620/2007. Contado estos volúmenes reutilizados se alcanzarían los 310 Hm<sup>3</sup>/año. Es sin duda el uso que más puede contribuir al ahorro de agua superficial o subterránea y por tanto ayudar a la conservación del medio natural. Las Comunidades Autónomas que mayores volúmenes reutilizan en riego agrícola son: Valencia (113,5 hm<sup>3</sup>/año) y Murcia (83,5 hm<sup>3</sup>/año), que en conjunto suponen el 75,41 % del caudal reutilizado en el uso agrario y un 53,53 % del total del caudal reutilizado. En porcentaje sobre el total reutilizado, destacan las comunidades de Valencia (76,36%), Murcia (98.9%), Canarias (100%) y Castilla La Mancha (100%).

El segundo uso en importancia es el ambiental, en el que se incluyen la restauración de humedales, recuperación de acuíferos, infiltraciones para evitar la intrusión salina o la restitución de caudales ecológicos. En este uso se reutilizan unos 65.148 hm<sup>3</sup>/año (17.69% del total), destacando las comunidades autónomas de Cataluña (28,68 hm<sup>3</sup>/año), Valencia (27,539 hm<sup>3</sup>/año) y el País Vasco (8,571 hm<sup>3</sup>/año).

El tercer lugar lo ocupan los usos recreativos, especialmente el riego de campos de golf, con unos 26 hm<sup>3</sup>/año (7,1%), destacando las comunidades autónomas de Andalucía y Baleares. Para este uso se prevé también un importante crecimiento al existir en la actualidad en España unos 300 campos de golf con unas necesidades hídricas de unos 80 hm<sup>3</sup>/año y constatarse una tendencia en casi todas las comunidades de ir obligando a estas instalaciones a abastecerse con aguas regeneradas, como es el caso de la Comunidad Valenciana a través de la Ley 9/2006.

En uso urbano se reutilizan 14,6 hm<sup>3</sup>/año, destacando la Comunidad de Madrid, debido al riego de parques urbanos por parte del Ayuntamiento de Madrid y la Comunidad Balear.

El uso industrial era casi inexistente (1hm<sup>3</sup>/año) en el año 2006, si bien sus perspectivas de crecimiento son muy importantes. Dado que el interés de los empresarios de este sector por utilizar este recurso va en aumento, existiendo en la actualidad un número importante de solicitudes de concesión para uso industrial (papeleras, plantas de producción energética, industrias químicas, etc.).

**Tabla 2**  
**Caudales reutilizados en España por usos y CC.AA.**

USO	USO AGRARIO	USO AMBIENTAL	USO INDUSTRIAL	USO RECREATIVO	USO URBANO	SUBTOTALES
Andalucía	13,847	0,000	0,000	9,679	0,685	24,210
Aragón	0,000	0,000	0,000	0,000	0,170	0,170
Baleares	19,035	0,000	0,000	4,203	5,002	28,240
Canarias	17,800	0,000	0,000	0,000	0,000	17,800
Castilla-La Mancha	2,230	0,000	0,000	0,552	0,179	2,960
Cataluña	7,913	28,648	1,014	5,534	1,051	44,160
Valencia	113,517	27,539	0,000	3,482	4,121	148,660
Extremadura	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Madrid	0,000	0,389	0,000	2,190	2,901	5,480
Murcia	83,598	0,000	0,000	0,341	0,581	84,520
País Vasco	3,429	8,571	0,000	0,000	0,000	12,000
<b>TOTAL CAUDAL (Hm<sup>3</sup>/año)</b>	<b>261,368</b>	<b>65,148</b>	<b>1,014</b>	<b>25,980</b>	<b>14,689</b>	<b>368,200</b>

Fuente: CEDEX, 2008.

La mayoría de los proyectos realizados o en fase de estudio en España, tienen fines agrícolas, aunque se está detectando una tendencia a reutilizar con un objetivo medioambiental, recreativo y urbano. Este aumento del volumen de agua reutilizada con fines medioambientales va a ser reforzado en el futuro por las exigencias europeas que obligarán a una reducción de la producción y extensión agrícola.

Del caudal reutilizado total (368 hm<sup>3</sup>/año), sólo el 61% (223,7 hm<sup>3</sup>/año) cuenta con un tratamiento de regeneración, mientras que el 39 % restante carece de él, reutilizándose con una calidad de tratamiento secundario. Hemos de tener en cuenta que la entrada en vigor del RD1620/2007 obliga a construir tratamientos de regeneración en los casos en que no exista, y a adecuar alguna de las estaciones regeneradoras existentes para que su efluente se adapte a las calidades de uso exigidas.

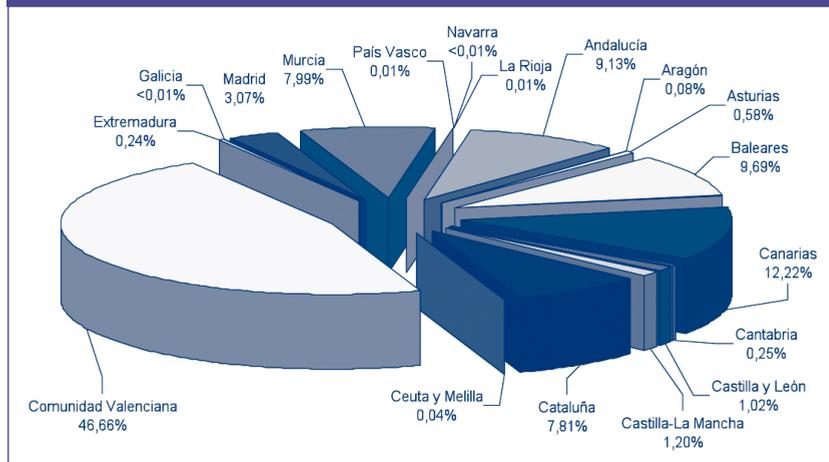
A escala nacional las estaciones depuradoras de las que toman agua los sistemas de reutilización tratan 1.757 hm<sup>3</sup>/año, lo que representa el 69% de su capacidad total (2.546 hm<sup>3</sup>/año). La capacidad de las estaciones regeneradoras en funcionamiento en 2006 fue de 706,6 hm<sup>3</sup>/año, lo que supone un 40 % sobre el caudal depurado. En cuanto al volumen de agua reutilizada, 368 hm<sup>3</sup>/año, supone un 52 % sobre la capacidad de regeneración en funcionamiento y un 21 % sobre el caudal de agua residual

depurado. Por lo tanto, teniendo en cuenta que del volumen reutilizado (368 hm<sup>3</sup>/año); un 60,75 % pasa por una estación regeneradora; podría deducirse que los sistemas de reutilización actuales podrían incrementar en un 68.34% los volúmenes de agua regenerada si existieran nuevas demandas en su zona de influencia. En todo caso hay que tener en cuenta la estacionalidad de la demanda del uso de riego agrícola, por lo que las capacidades de regeneración en este tipo de sistemas, son notablemente superiores a los volúmenes regenerados, por lo que es difícil determinar el sobredimensionamiento actual de las estaciones regeneradoras.

De las 149 estaciones regeneradoras en funcionamiento, 18 (12%) disponen solamente de un tratamiento de desinfección, el resto, 131 (88%) disponen al menos de un tratamiento de filtración previo a la desinfección. La línea predominante es la compuesta por un tratamiento físico-químico con decantación lamelra más una filtración con arena seguida de una desinfección por rayos ultravioleta. Al ser un tratamiento seguro, fiable y bien conocido, está siendo el tratamiento más empleado en aquellas EDARs de nueva construcción cuyo efluente va a ser objeto de reutilización, agrícola o medioambiental.

La escasez de recursos y la sensibilización ciudadana ha hecho que la Comunidad Valenciana se haya convertido en una de las autonomías más avanzadas en la reutilización de aguas residuales depuradas. El Decreto 7/1994, de 11 de enero, del Gobierno Valenciano, significó el arranque de un proceso para mejorar la calidad de las aguas, mediante la ejecución de las infraestructuras necesarias para recoger y tratar los vertidos conectados a redes de alcantarillado. La ejecución de ese Plan, llevada a cabo en el periodo 1993-2000, vino a dar cumplimiento a las exigencias comunitarias, impuestas por la Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, este I Plan contó con una inversión de 533 millones de euros, con los que se construyeron y remodelaron 300 EDAR en poblaciones mayores de 500 habitantes. Pero es con el II Plan Director de Saneamiento y Depuración de la Comunidad Valenciana, aprobado definitivamente por Decreto 197/2003, de 3 de octubre, del Gobierno Valenciano, y que surgió como complemento al anterior, cuando se produce un

**Figura 8.**  
**Agua reutilizada en las Comunidades Autónomas.**



Fuente: CEDEX, 2008.

salto cualitativo importante y se apuesta de una manera clara por la reutilización de los efluentes tratados, siendo uno de los cinco programas de actuación que se contemplaron en dicho Plan. El periodo inicialmente previsto para la ejecución de las actuaciones programadas en el mismo es el 2000-2008, pudiendo considerarse ahora prácticamente concluido, la inversión requerida ha sido superior a los 1054 millones de euros, con los que se han realizado infraestructuras que cubren al 99,98% de la población, las 428 EDAR de la Comunidad Valenciana depuraron en 2008, 512 hm<sup>3</sup>. La reutilización de aguas regeneradas se convierte, de esta manera, en una fuente de recursos hídricos que es preciso aprovechar al máximo.

Los objetivos del II Plan Director de Saneamiento y Depuración de la Comunidad Valenciana se centran en principio en definir las instalaciones de tratamiento e infraestructuras necesarias para incrementar el actual nivel de reutilización de aguas depuradas hasta alcanzar un potencial aproximado del 70% de las mismas; garantizando la adecuada calidad de las aguas regeneradas, cumpliendo el RD 1620/2007. Todo ello, dentro de un sistema de gestión integral de los recursos hídricos que permita combinar objetivos de mejora ambiental, satisfacción de demandas y mejoras de la productividad. Para que estos objetivos se puedan alcanzar es imprescindible facilitar acuerdos entre los usuarios que hagan viable económica y funcionalmente la reutilización de aguas regeneradas.

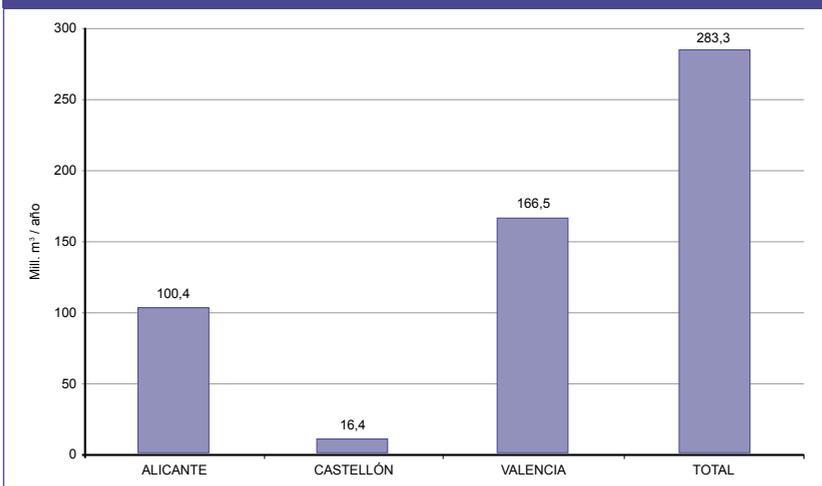
**Tabla 3**  
**Situación de la depuración de aguas en la Comunidad Valenciana (1993-2008).**

Municipios de la Comunidad Valenciana	Nº de municipios	Población	%	he
Con tratamiento	477	4.647.617	99,06	7.214.586
Sin tratamiento	65	44.220	0,94	68.541
<b>TOTAL</b>	<b>542</b>	<b>4.691.837</b>	<b>100</b>	<b>7.283.127</b>

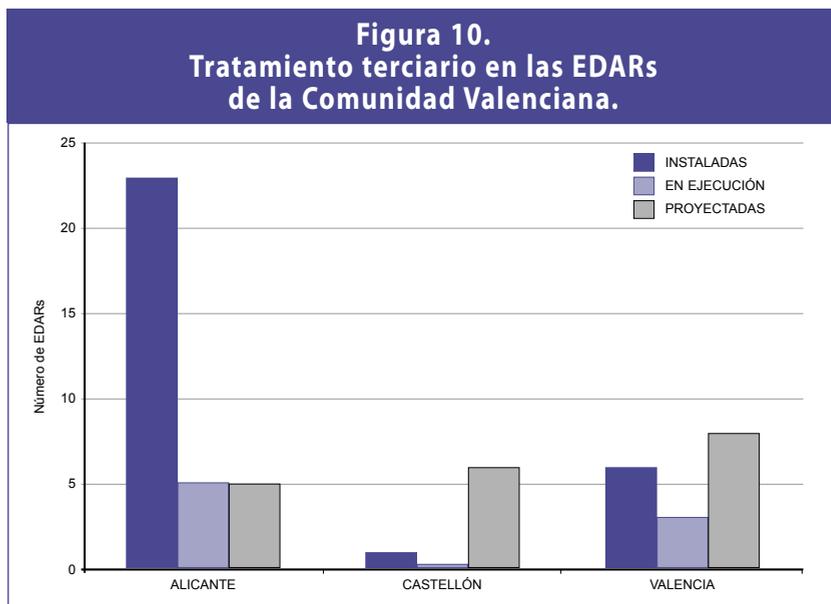
Fuente: EPSAR, 2009.

En 2008, la reutilización de aguas depuradas en la Comunidad Valenciana, era de las más importantes de España, alcanzándose la cifra de 225 hm<sup>3</sup>/año, que se han utilizado principalmente en el regadío. Esta cifra representa el 45% del agua tratada generada en las depuradoras (512 hm<sup>3</sup>/año). 154 hm<sup>3</sup> han sido reutilizados directamente (30%), el resto 71 hm<sup>3</sup> han sido obtenidos mediante la aplicación de tratamientos terciarios, que en ocasiones son complementados por procesos de desalinización, como por ejemplo en la EDAR de Benidorm, procedentes de 32 EDARs que tienen incorporados estos tratamientos avanzados (coagulación-floculación, filtración y algunas ultravioletas y/o ósmosis inversa).

**Figura 9.**  
**Volumen anual de agua depurada con tratamientos terciarios en la Comunidad Valenciana.**



Fuente: Prats y otros (2008).



Fuente: Prats y otros (2008).

## 4.- Costes de la depuración y reutilización.

En España no existe un mercado de agua regenerada, por lo que resulta difícil obtener un precio para este producto; por eso, se asume que el coste por metro cúbico debe ser igual al precio máximo de venta, garantizando así la cobertura de los costes. Una pregunta fundamental, en este sentido, es: ¿Quién debe o puede pagar el coste que representa la obtención de un proyecto viable? Sólo podemos responder al respecto que actualmente, en la UE, no se dispone de subvenciones concretas que fomenten la reutilización de agua (Hernández, F., De las Fuentes, L. y Urkiaga, A. (2006). Con todo, los mecanismos de financiación se pueden agrupar en dos categorías: 1) Financiación de costes iniciales y 2) Financiación de costes de explotación.

En la actualidad, el uso más extendido del agua regenerada es la agricultura, y los precios que por este uso se pagan son simbólicos o gratuitos. En España, el precio del agua para usos agrícolas se sitúa entre 0,006 y 0,012 €/m<sup>3</sup>, el de abastecimiento es de 0,77 €/m<sup>3</sup>, el de agua desalada está alrededor de 0,6 €/m<sup>3</sup> y el precio del tratamiento

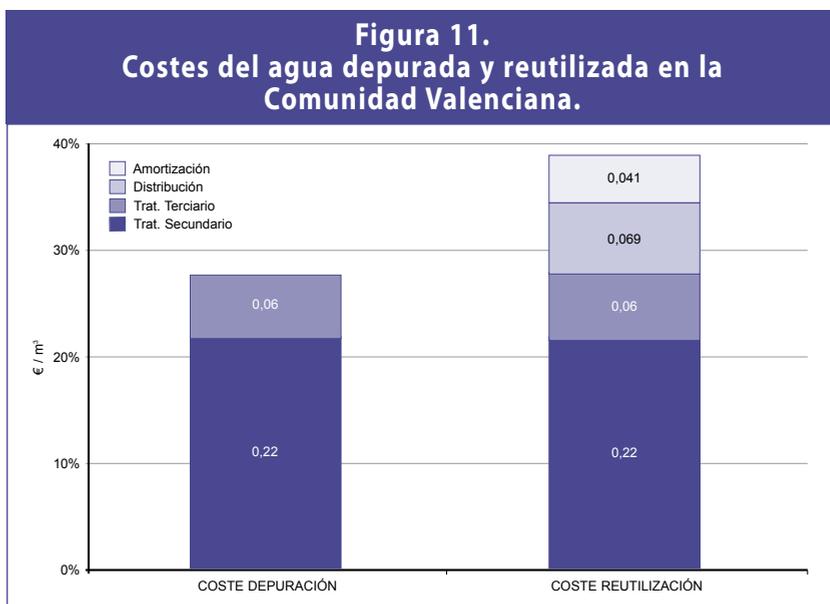
de aguas residuales (incluyendo tratamiento terciario) se encuentra entre 0,6 y 0,8 €/m<sup>3</sup>. Ante esta situación cabe preguntarse: ¿cómo se asume el precio del agua regenerada? Creemos que lo más conveniente sería subvencionar el agua regenerada para extender su implementación o, en su defecto, habría que incrementar los precios del agua para el uso doméstico y agrícola. Por lo tanto, en nuestra opinión, en España resulta imprescindible establecer una política de precios que reparta los costes de la regeneración y la gestión de las aguas residuales entre la totalidad del consumo. También se deberían establecer incentivos para lograr que en todos los sectores se utilice agua regenerada.

¿Cuáles son los costes de depurar y reutilizar el agua? Hay que comenzar señalando que los costes de los procesos de depuración y reutilización de aguas están condicionados por la existencia de varios factores. En primer lugar, ha de tenerse en cuenta el tipo de agua a depurar, dado que su procedencia determina la clase y el nivel de agentes contaminantes que se deben eliminar y el tipo de tratamiento que se ha de aplicar. En segundo lugar, tiene que considerarse el uso al que se destina este agua, porque según sea se aplicarán unos procesos u otros para que se cumplan las calidades exigidas por el mismo. Existe una enorme variabilidad de los costes asociados a los distintos tratamientos, pudiendo afirmarse que aumentan a medida que conllevan un mayor número de procesos. Algunos usos, como son los de reutilización industrial y los que se destinan a la recarga de acuíferos, también presentan importantes variaciones de precio. Especial atención merece el tema de los costes energéticos, ya que el consumo es muy desigual (y, por lo tanto, el coste) según la técnica elegida. Así, hay que tener en cuenta que existe una correlación entre el grado de contaminación del agua tratada (medida por el cociente entre los h-e servidos y los metros cúbicos procesados) y el consumo de energía de la planta. En términos generales para un tratamiento físico-químico los costes de inversión oscilan entre 20 y 30 euros/m<sup>3</sup>/día instalado y los costes de operación pueden oscilar entre 0,02 y 0,03 euros/m<sup>3</sup>; para la filtración sobre lecho de arena los costes de inversión oscilan entre 55 y 100 euros/m<sup>3</sup>/día instalado y los costes de operación pueden oscilar entre 0,01 y 0,03 euros/m<sup>3</sup> y para una desinfección con rayos ultravioleta los costes de inversión oscilan entre 7,5 y 8,6 euros/m<sup>3</sup>/día instalado y los costes de operación pueden oscilar entre 0,01 y 0,02 euros/m<sup>3</sup>. Los

procesos de microfiltración, MF, ultrafiltración, UF, ósmosis inversa, OI, y electrodiálisis reversible, EDR, se incorporan cada vez más al tratamiento de aguas residuales; sus costes de inversión oscilan entre 200 y 400 euros/m<sup>3</sup>/día tratado, mientras que los costes de explotación oscilan entre 0,05 y 0,09 euros/m<sup>3</sup>, o sea son del orden o ligeramente superiores al tratamiento convencional, dependiendo de la calidad del efluente secundario

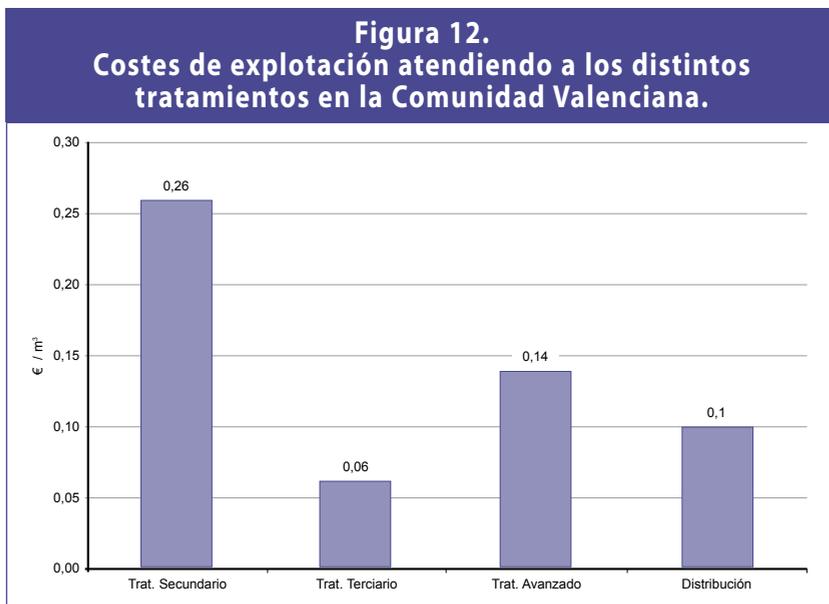
En la Comunidad Valenciana, según los datos obtenidos de la EPSAR (Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana), los costes de depuración ascienden a un total de 0,220 €/m<sup>3</sup>, que se distribuyen del modo siguiente: los costes de personal ascienden a 0,088 €/m<sup>3</sup> (40%); los de la energía, 0,042 €/m<sup>3</sup> (19%); los de residuos, 0,035 €/m<sup>3</sup> (16%); los de mantenimiento, 0,026 €/m<sup>3</sup> (12%); los de reactivos, 0,015 €/m<sup>3</sup> (7%), y bajo el epígrafe de varios (material de laboratorio, vehículos, combustible, jardinería, etc.), se contabilizan gastos por 0,014 €/m<sup>3</sup> (6%).

Por su parte, los costes de explotación difieren de manera sensible atendiendo a los distintos tratamientos. Así, ascienden a 0,26 €/m<sup>3</sup> con tratamiento secundario; a 0,06 €/m<sup>3</sup>, con tratamiento terciario; y a 0,14 €/m<sup>3</sup>, con tratamientos avanzados. El coste de la distribución se establece en 0,1 €/m<sup>3</sup>.



Fuente: EPSAR, 2008.

Para determinar el precio que los usuarios finales tienen que abonar por el consumo de agua regenerada, además del precio que conlleva la obtención del recurso, hay que tener en cuenta la existencia de costes adicionales en los que puede incurrir el usuario final de un sistema de reutilización, tales como son los gastos que se derivan del uso de torres de refrigeración, de la actualización de las tuberías, etc. En otro orden de cosas, hay que contar también con la existencia de subvenciones, financiaciones a bajos tipos de interés o la posibilidad de lograr abaratar el coste global del sistema, ya que ello repercute en un descenso del precio al que se puede ofertar el agua regenerada a los usuarios finales. Además, hay que tener presente el hecho de que muchas compañías aplican tarifas al agua regenerada basándose en un porcentaje del precio de agua potable. Con esta medida se pretende fomentar su uso, pero no sirve para recuperar el coste global del proyecto de reutilización, ni tampoco incluye el coste de los sistemas de distribución. El sistema de precios del agua regenerada debería tener en cuenta los costes, incluyendo el valor intrínseco del recurso agua, sus efectos ambientales y el coste de oportunidad que conlleva su utilización. En la Comunidad Valenciana los precios del agua regenerada, incluido el coste de depuración, ascienden a un 0,28 €/m<sup>3</sup> (0,22 €/m<sup>3</sup> del



Fuente: EPSAR, 2008.

tratamiento secundario y 0,06 €/m<sup>3</sup> del tratamiento terciario). Teniendo en cuenta el coste de reutilización, el precio del agua regenerada asciende a 0,39 €/m<sup>3</sup> (0,22 €/m<sup>3</sup> del tratamiento secundario, 0,06 €/m<sup>3</sup> del tratamiento terciario, 0,06 €/m<sup>3</sup> de la distribución y 0,04 €/m<sup>3</sup> de la amortización). Cuando las aguas residuales contienen concentraciones elevadas de sales disueltas es necesario para su reutilización un tratamiento de ósmosis inversa, que con frecuencia va asociado a procesos de ultrafiltración, como es el caso de las depuradoras de Rincón de León (Alicante) y Benidorm, el coste medio de operación para este tratamiento es de 0,26 euros/m<sup>3</sup>.

## 5.- Conclusiones.

La potencialidad de la reutilización es un hecho incontrovertible, pero su consolidación como recurso no convencional estratégico es un reto que obliga a todos los actores con responsabilidad en el tema a actuar de forma coordinada y con absoluto rigor en la planificación de las actuaciones futuras. El aumento de los volúmenes depurados no va a significar un incremento automático de la reutilización, ya que existen diversos factores que pueden frenar su extensión, entre ellos destacamos: 1º) La falta de regularidad en la calidad del efluente depurado en algunas EDARs, debido a problemas internos de la planta (operación deficiente, bajos presupuestos de explotación, etc.) o externos a ella que tienen lugar en la red de saneamiento (vertidos incontrolados, intrusión salina en colectores, etc.). 2º) La necesidad de utilizar los efluentes depurados para garantizar el caudal ecológico, especialmente en los momentos de estiaje o épocas de sequía. 3º) La dificultad de convertir las demandas potenciales en reales, especialmente en el caso de reutilización en riego agrícola, debido a la resistencia de los agricultores a sustituir los recursos tradicionales por el agua regenerada (prevenciones sanitarias, mayores costes del agua regenerada, etc.). 4º) La ausencia de una cultura de la planificación en la toma de decisiones respecto a las actuaciones de reutilización, que implica la adopción de iniciativas sin los necesarios estudios de viabilidad.

En países con problemas de escasez, el agua depurada con unos niveles de exigencias aceptables se hace imprescindible para su posterior reutilización. En algunas zonas de España se están implementando los esfuerzos y tratamientos para la reutilización masiva de aguas depurada buen ejemplo de ello es la Comunidad Valenciana. Para conseguir este objetivo se ha completado el primer Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales 1995-2005 con unos resultados altamente positivos. En la actualidad está en vigor el nuevo Plan Nacional de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015, con él se pretenden reutilizar más de 1200 hm<sup>3</sup>/año, para ello se han presupuestado 19.645 millones de euros, que serán cofinanciados por el Estado y las Comunidades Autónomas (CCAA).

El RD 1620/2007 por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización supone un avance importante en la regulación de la reutilización al clarificar tanto las responsabilidades de las Administraciones Públicas, como las correspondientes a los concesionarios y usuarios finales y establecer los criterios de calidad para cada uno de los posibles usos, a su vez insta a la Administración y a las empresas concesionarias a realizar un gran esfuerzo para adecuar los sistemas de reutilización existentes y en especial los tratamientos de regeneración a las exigencias de esta normativa.

El coste medio del agua depurada para reutilización en España asciende a 0.39 €/m<sup>3</sup>, más 0,26 €/m<sup>3</sup> si precisa de tratamiento de ósmosis para su reutilización, a este coste hay que añadir los costes de distribución que con frecuencia suelen ser muy elevados por las infraestructuras que requieren (bombeos, balsas, conducciones...), por ello se hace necesaria la colaboración de los distintos sectores y agentes implicados.

La reutilización de aguas regeneradas se ha convertido en España en prioritaria, especialmente en los lugares donde hay escasez de recursos, por razones económicas, ambientales y sociales.

## Bibliografía.

CEDEX (2008): *Realización de una base de datos sobre los sistemas de reutilización de aguas depuradas en España*, Madrid.

HERNÁNDEZ, F.; DE LAS FUENTES, L. y URKIAGA, A. (2006): *Guía para la realización de estudios de viabilidad en proyectos de reutilización de aguas depuradas*, AQUARÉC, MIMAM y Ministerio de Fomento.

HERNÁNDEZ, F. y SALA, R. (2006): *Modelización de costes en los procesos de tratamiento de aguas residuales: un análisis empírico para la Comunidad Valenciana*, Universidad de Valencia.

IGLESIAS, R. (2005): "Escenarios existentes y propuestas para el avance de la regeneración y reutilización de aguas en España", en *Jornadas Técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos*, Lloret de Mar (Girona), octubre de 2005.

LIBRO BLANCO DEL AGUA (2000): Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas.

LÓPEZ ORTIZ, M. I. y MELGAREJO MORENO, J. (2007): "Depuración y reutilización de aguas en España: los casos de la Comunidad Valenciana y Murcia", en GONZÁLEZ VARAS, S. (Coord.): *Nuevo Derecho de Aguas*. Civitas/Thomson, Navarra.

MUJERIEGO, R. (2006): "La reutilización planificada del agua para regadío", en *XI Congreso Nacional de Regantes*, Palma de Mallorca, del 15 al 20 de abril.

PÁGINA WEB DE LA EPSAR <http://epsar.cop.gva.es/depuradorasv>

PÁGINA WEB DEL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE: "Síntesis del contenido del documento inicial para la evaluación ambiental estratégica". Programa A.G.U.A. Apartado I.S.A: Actuaciones urgentes cuenca mediterránea [www.mma.es](http://www.mma.es).

PRATS, D. y MELGAREJO, J. (2006): *Desalación y reutilización de aguas. Situación en la provincia de Alicante*, Fundación COEPA, Alicante.

PRATS, D., CASES, V.P., MONTAÑO, B., SOLER, M., SEVILLA, M., MELGAREJO, J. (2008): "Estudio de las estaciones depuradoras en la provincia de Alicante", Poster, Consolider-TRAGUA.

TORREGROSA, T. (2007): El modelo socioeconómico de gestión de los recursos hídricos en la comarca de la Marina Baja (Alicante), Tesis Doctoral, Universidad de Alicante.