Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

El impacto ambiental de la depuración de aguas residuales. Análisis de la internalización de costes ambientales en Alicante y la Comunidad Valenciana.

Máster universitario en Economía Aplicada

Trabajo Fin de Máster

Autor: Marcos García López

Tutor: Joaquín Melgarejo Moreno

Mayo 2018

Universitat d'Alacant
Universidad de Alicante

Índice de contenido

Índice de contenido 1
Índice de figuras 2
Índice de tablas 3
Resumen 5
Abstract 5
Agradecimientos 6
1. Introducción 7
1.1. Recursos hídricos, escasez y necesidad de reutilizar recursos 7
1.2. Objetivos 10
2. Ventajas e inconvenientes de la depuración y reutilización de aguas residuales y sus posibles usos 11
2.1. Ventajas de la depuración y reutilización de aguas residuales 11
2.2. Inconvenientes de la depuración y reutilización de aguas residuales 13
2.3. Usos de las aguas depuradas regeneradas 15
3. Situación y evolución de la depuración en la Comunidad Valenciana y Alicante 17
3.1. Necesidades hídricas en la Comunidad Valenciana y Alicante 17
3.2. Evolución de la depuración de aguas residuales en la Comunidad Valenciana y Alicante 23
3.3. Situación del agua depurada en la Comunidad Valenciana y Alicante 29
4. Costes y beneficios ambientales de la depuración de aguas residuales 35
4.1 Costes ambientales de la depuración de aguas residuales 35
4.2 Beneficio ambiental de la depuración de aguas 38
5. Costes económicos 39
5.1. Costes de implantación 40
5.2. Costes de explotación 41
5.3. Costes totales 42
5.4. Precio del agua y principio de recuperación de costes 43
6. Internalización de costes y Canon de Saneamiento 49
6.1. Internalización de costes 50
6.2. Canon de Saneamiento 54
7. Coste energético e impacto ambiental de la depuración de aguas 64
8. Conclusiones 69
9. Bibliografía 71

Índice de figuras

Figura 1.1 Esquema del proceso de depuración y regeneración de aguas residuales..... 8
Mapa 1.1 RWSI (Relative water stress index) en la UE. 9
Gráfico 3.2.1 Inversión en construcción de la EPSAR desde 1993 a 2016..... 25
Gráfico 3.2.2 Volumen de agua depurada en la Comunidad Valenciana de 1993 a 2016. 26
Gráfico 3.2.3 Carga máxima semanal que pueden tratar las EDAR de la Comunidad Valenciana de 2004 a 2016..... 27
Gráfico 3.2.4 Producción de lodos de las EDAR de la Comunidad Valenciana de 1995 a 2016. 27
Gráfico 3.2.5 Rendimiento de eliminación de DBO_5 de las EDAR de la Comunidad Valenciana de 1993 a 2016 y Límite de la Directiva 91/271 CEE..... 28
Gráfico 3.2.6 Ratios de explotación de las EDAR de la Comunidad Valenciana de 2006 a 2016. 29
Gráfico 3.3.1 Situación de las obras de instalaciones de depuración de aguas en 2016 en la Comunidad Valenciana..... 29
Gráfico 3.3.2 Carga media de agua tratada por las EDAR de la Comunidad Valenciana y carga máxima que podrían haber tratado en 2016. 30
Gráfico 3.3.3 Distribución provincial del aprovechamiento de aguas depuradas en 2016. 31
Gráfico 3.3.3 Distribución por usos del aprovechamiento de aguas depuradas en 2016. 32
Gráfico 3.3.4 Destino de los lodos producidos en las EDAR de la Comunidad Valenciana en 2016. 33
Gráfico 3.3.5 Indicadores económicos de la EPSAR en 2015 y 2016. 34
Gráfico 5.3.1. Costes de explotación de la depuración y reutilización de aguas tratadas en la Comunidad Valenciana en €/m^3 para el año 2012. 43
Gráfico 5.3.2 Costes de explotación de la depuración y reutilización, por separado, de aguas tratadas en la Comunidad Valenciana en €/m^3 para el año 2012. 43
Gráfico 6.2.1 Evolución de los ingresos y los gastos de la EPSAR desde 2002 hasta 2016. 56
Gráfico 6.2.2 Volumen de agua facturada por uso de 2012 a 2016. 57
Gráfico 6.2.3 Canon de Saneamiento facturado por uso de 2012 a 2016. 57
Gráfico 6.2.4 Ratio entre el precio del agua y los costes de depuración. 59
Gráfico 6.2.5 Precios del agua en España en comparación con otros países europeos. . 60
Gráfico 6.2.6 Pago mensual en concepto de Canon de Saneamiento por comunidades autónomas en caso de consumir, para uso doméstico, 30, 15 o 5 metros cúbicos de agua al mes. 61
Gráfico 6.2.7 Pago mensual en concepto de Canon de Saneamiento para uso industrial por comunidades autónomas. 62
Gráfico 7.1 Energía requerida para los diferentes tratamientos de las aguas residuales. 65
Gráfico 7.2 Energía requerida para los diferentes tratamientos de las aguas residuales mostrando la parte que podría ahorrarse..... 66
Gráfico 7.3 Consumo energético de las EDAR de la Comunidad Valenciana en relación al número de habitantes equivalentes. 68

Índice de tablas

Tabla 3.1.1 Recursos hídricos disponibles y necesidades existentes en los sistemas de explotación de la Comunidad Valenciana. 18
Tabla 3.1.2 Recursos totales de la demarcación hidrológica del Júcar (hm^3/año). 19
Tabla 3.1.3 Demanda total de agua por sistema de explotación y uso para la demarcación hidrológica del Júcar en 2012. 20
Tabla 3.1.4 Demanda actual y prevista de agua por uso y por horizonte temporal en la demarcación hidrológica del Júcar. 20
Tabla 3.1.5 Demanda actual y prevista de agua por uso y por horizonte temporal en la demarcación hidrológica del Segura. 21
Tabla 3.1.6 Estimación de recursos hídricos aportados, por procedencia del agua, a las demandas en los distintos horizontes para la demarcación hidrológica del Segura. 22
Tabla 3.1.7 Déficit hídrico por demanda y horizonte temporal para la demarcación hidrológica del Segura. 22
Tabla 3.2.1 Distribución del presupuesto del II plan director de saneamiento. 24
Tabla 3.3.1 Valores de salida de SS, DBO_5 y DQO, su rendimiento de eliminación en la Comunidad Valenciana y su límite en la Directiva 91/271 CEE. 32
Tabla 3.3.2 Indicadores económicos de la EPSAR en 2015 y 2016, así como su variación. 33
Tabla 3.3.3 Recursos hídricos no convencionales en la demarcación hidrológica del Júcar. 34
Tabla 3.3.4 Recursos hídricos no convencionales en la demarcación hidrológica del Segura. 35
Tabla 5.4.1 Índice de recuperación de costes totales de los servicios del agua para el periodo 2004-2013 en la demarcación hidrográfica del Júcar. 46
Tabla 5.4.2 Costes e ingresos totales e índice de recuperación de costes del servicio de recogida y depuración en redes públicas en el periodo 2004-2013 en millones de euros por año. 47
Tabla 5.4.3 Índice de recuperación de los costes totales financieros de los servicios del agua para el año 2012 en la demarcación hidrográfica del Segura. 47
Tabla 5.4.4 Índice de recuperación de los costes totales (financieros y ambientales) de los servicios del agua para el año 2012 en la demarcación hidrográfica del Segura. 48
Tabla 6.1.1 Principales presiones que mitigarían las medidas pendientes de implantación en materia de depuración y reutilización de aguas y su coste económico anual. 52
Tabla 6.1.2 Resumen del programa de medidas de la CHS. 52
Tabla 6.2.1 Cuota de consumo y cuota de servicio, para el año 2016, del Canon de Saneamiento de la Comunidad Valenciana por tramos de población de los municipios. 55
Tabla 6.2.2 Cuota de servicio del año 2016 para usos industriales por calibre del contador. 55
Tabla 6.2.3 Cuota de consumo y cuota de servicio, para el año 2013, del Canon de Saneamiento de la Comunidad Valenciana por tramos de población de los municipios. 58
Tabla 6.2.4 Cuota de servicio del año 2013 para usos industriales por calibre del contador. 58

Tabla 7.1 Consumo actual de energía de las EDAR españolas y ahorro potencial..... 66
Tabla 7.2 Consumo energético de las EDAR de la Comunidad Valenciana total y diferenciando por tratamiento y tamaño..... 67

Resumen

La situación de escasez de los recursos hídricos en la Comunidad Valenciana lleva a la necesidad de aplicar medidas para mejorar la gestión de estos recursos, sin embargo, estas medidas pueden tener un impacto ambiental que se debe considerar al llevarlas a cabo. Este trabajo analiza en qué medida dicho impacto ambiental está siendo internalizado en las estructuras de costes en cuanto a depuración y reutilización de aguas residuales, para lo que se recoge información actualizada sobre esta actividad. Puesto que el resultado principal es que no se está dando esta internalización, al menos en su totalidad, ni en las estructuras de costes de las estaciones de depuración de aguas residuales ni en las cuentas de los organismos públicos pertinentes, también se realiza un breve análisis del coste energético de la actividad, fuente principal de su impacto ambiental, que muestra la cantidad de energía proveniente de fuentes no renovables y la gastada por ineficiencia.

Palabras clave: depuración de aguas residuales, reutilización de aguas, impacto ambiental, coste ambiental, coste energético, internalización de costes, Comunidad Valenciana.

Abstract

The scarcity of water resources in the Valencian Community has lead to the need to apply measures to improve the management of these resources. However, these measures can have an environmental impact that must be considered when carrying them out. This paper analyzes the extent to which this environmental impact is being internalized in the cost structures in terms of purification and reuse wastewater, for which end I have collected updated information on this activity. Since the main result is that this internalization is not happening, at least in its entirety, in the cost structures of wastewater treatment plants nor in the accounts of the relevant public bodies, a brief analysis of the energy cost of the activity and the main source of its environmental impact is also carried out, one that shows the amount of energy coming from non-renewable sources and the amount spent due to inefficiency.

Key words: wastewater treatment, water reuse, environmental impact, environmental cost, energy cost, costs internalization, Valencian Community.

Agradecimientos

Quiero expresar en estas líneas mi agradecimiento a las personas que han hecho posible que realice este trabajo.

En primer lugar, a mi tutor, Joaquín Melgarejo Moreno, que, a pesar de su apretada agenda, me ha prestado su atención y dedicación en todo momento. Gracias por guiarme siempre que lo he necesitado.

También a Teresa Torregrosa Martí, profesora del máster, que me ayudó rápidamente cuando se lo pedí aportándome nueva información.

A mis pocos compañeros, que no han tenido más remedio que aguantarme durante todo el curso con infinita paciencia.

Y, por último, a mi familia, que me sigue apoyando como el primer día.

Muchas gracias a todos.

1. Introducción

1.1. Recursos hídricos, escasez y necesidad de reutilizar recursos

En tiempos pasados el agua se consideraba un recurso renovable e infinito y, si bien es renovable dado que procede del ciclo natural del agua, su inadecuada explotación puede convertirlo en un recurso no renovable. Además, su distribución geográfica y temporal supone un gran problema por los desequilibrios entre recursos disponibles y necesidades de agua en múltiples áreas geográficas (Prats, 2016).

Actualmente se dan unos problemas de estrés hídrico elevado en muchas zonas del mundo, incluida España. Cuando la demanda excede a las disponibilidades se puede esperar una competencia creciente por los recursos, que lleva a la escasez y a una elevada presión sobre estos, aumentando la probabilidad de conflictos y problemas para su administración y de que se contamine, repercutiendo negativamente en la salud y en la actividad económica. Por tanto, la escasez creciente lleva a mayores vulnerabilidades de la economía ante situaciones de sequía y a un deterioro creciente de la calidad ambiental de las masas de agua superficiales y subterráneas (Prats, 2016).

Las causas generales de estos desequilibrios se pueden concretar en:

- Crecimiento poblacional y longevidad.
- Creciente desarrollo de países muy poblados.
- Cambios demográficos del ámbito rural al urbano.
- Contaminación de las aguas.
- Periodos de sequía.
- Progresiva deforestación y desertización en muchas regiones.
- Consecuencias imprevisibles del cambio climático.

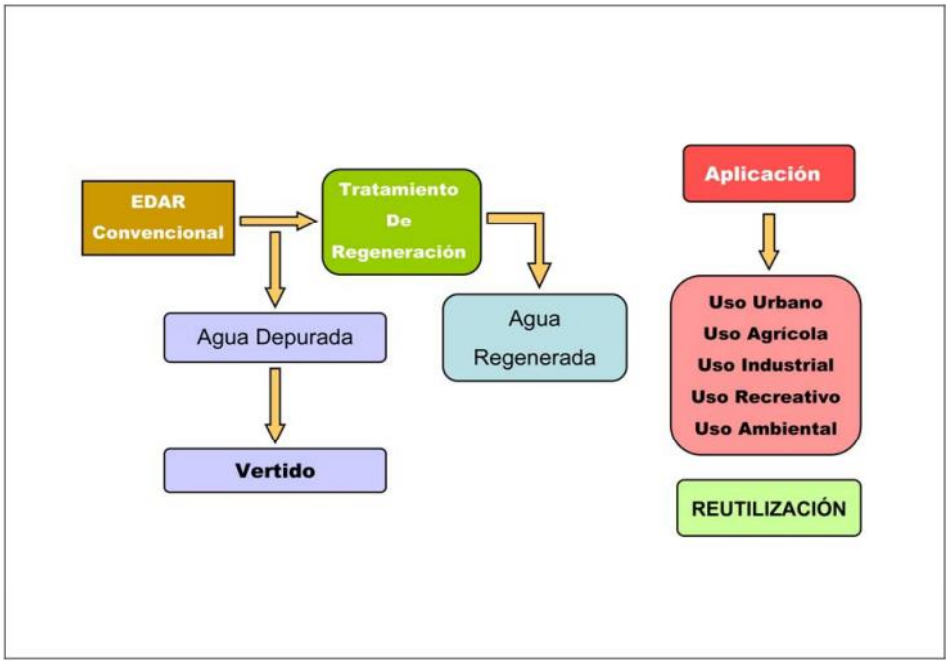
Además, se debe considerar que la incidencia de las sequías en Europa no es estable, sino que se ha incrementado un 20% desde 1976 y, a pesar del aumento de las lluvias torrenciales, las precipitaciones anuales tienen a descender (Navarro, 2018). A esto hay que sumar la sobreexplotación de los acuíferos y todo junto pone en evidencia la necesidad de tomar medidas en referencia a los recursos hídricos, puesto que el agua es un recurso fundamental y su correcta explotación está en la base del desarrollo sostenible, además de ser base de demanda social (Trapote, 2016). También debe tenerse en cuenta la calidad del agua, puesto que no toda es utilizable. El ser humano mediante su actividad

produce vertidos que contaminan los recursos hídricos y, actualmente, las aguas residuales vertidas son una de las principales causas de dicha contaminación, siendo obligatorio su tratamiento antes de devolverlas al ciclo natural (Trapote, 2016).

Los tratamientos de las aguas residuales son el conjunto de operaciones encaminadas a eliminar o reducir los agentes contaminantes presentes en el agua residual, de modo que puedan ser descargadas en el medio natural con el menor impacto posible o reutilizadas para actividades humanas. En los cursos naturales del agua existe un mecanismo de autodepuración, sin embargo, para mantener ahora esa capacidad de la naturaleza es necesario tratar las aguas residuales (Trapote, 2016).

Los tratamientos de las aguas residuales se dan en las Estaciones de Depuración de Aguas Residuales (EDAR), que es donde se depuran dichas aguas. Una vez depuradas, las aguas residuales pueden tener tres destinos: 1) el vertido al medio natural sin que se reutilice de ninguna manera, 2) la reutilización de las aguas de manera indirecta mediante su devolución al ciclo del agua, de modo que el agua acaba siendo reutilizada cuando se extrae agua del ciclo o 3) la reutilización de las aguas de manera directa, ampliando los tratamientos realizados a las aguas para adecuar su calidad a la normativa de reutilización.

Figura 1.1.1 Esquema del proceso de depuración y regeneración de aguas residuales.



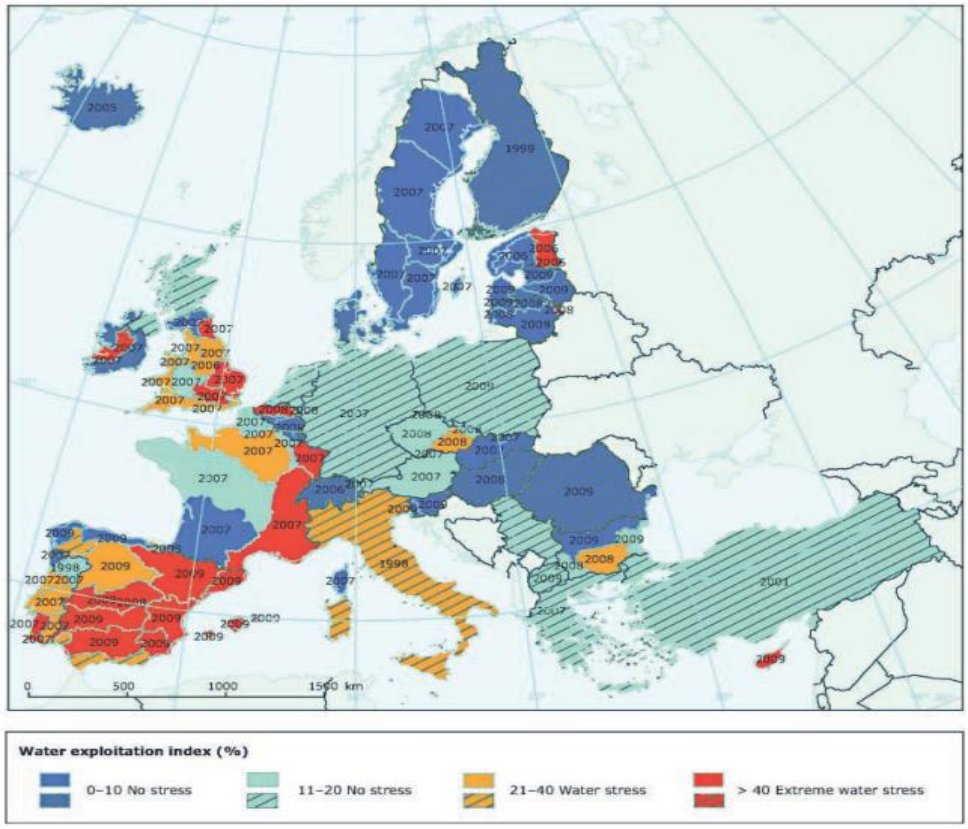
Fuente: CONAMA 9, 2008.

Todo este proceso se encuentra dentro del marco de la economía circular, que busca reducir tanto la entrada de los materiales como la producción de desechos mediante el

máximo aprovechamiento de todos y cada uno de los elementos que forman parte del proceso. En el caso de los recursos hídricos, la economía circular se ve reflejada en la concepción de que las aguas residuales ya no son consideradas como simples residuos a desechar, sino como un elemento que, con el tratamiento adecuado, puede reincorporarse al proceso productivo en lugar de ser devueltos al medio natural directamente, con la contaminación y la insostenibilidad que eso conlleva.

Las aguas residuales son cada vez más tenidas en cuenta en la gestión de los recursos hídricos, incluso la Organización de las Naciones Unidas, que elabora un informe anual sobre el desarrollo de estos recursos, centra el informe de 2017 en las aguas residuales, en el cual se plantea si las aguas residuales que se vierten son un problema o realmente son un recurso valioso que se está desperdiciando. Por tanto, no sólo cobra importancia el impacto ambiental del vertido de aguas contaminantes, sino la falta de aprovechamiento de unas aguas que pueden tener un uso posterior. El informe encuentra que en los países de bajas rentas solamente se depura el 8% de las aguas residuales, mientras que en los países más avanzados este porcentaje alcanza el 70%, que es mucho más elevado, pero todavía queda margen de mejora (UN-Water, 2017).

Mapa 1.1.1 RWSI (Relative water stress index) en la UE.



Fuente: Werner & Collins, 2012, en Prats, 2016.

El mapa muestra la situación de estrés hídrico en la Unión Europea, que mide la proporción entre necesidades totales de agua y recursos naturales disponibles en una misma cuenca. Se puede ver fácilmente que el estrés se concentra en pocos países o regiones, pero una de ellas es España, dado que gran parte del país se encuentra en una situación de estrés hídrico elevado, con una proporción superior al 40%.

Por tanto, el agua ya no puede considerarse un recurso ilimitado y la necesidad de mejorar los abastecimientos de agua y las formas de gestión de los vertidos de aguas residuales depuradas es una realidad. El incremento registrado por las dotaciones de agua de abastecimiento, junto con el aumento de población experimentada por numerosas zonas urbanas, han hecho que las fuentes de abastecimiento tradicionales sean insuficientes (Melgarejo, 2009).

Los sistemas convencionales de suministro de agua tienen dos principales limitaciones (Mas, 2016). La primera es el desequilibrio entre el ritmo de extracción y la recarga natural, que provoca una reducción en la capacidad de producción de las fuentes hidrológicas naturales. La segunda es una reducción sistemática en la rentabilidad de los servicios de suministro de agua, que tiene el efecto de aumentar los costos de suministro de agua.

Las aguas depuradas 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, pudiendo evitar el gasto de agua potable en actividades que no requieran de tanta calidad (Melgarejo, 2009). Esta gestión integrada de los recursos hídricos no debe responder solamente a la escasez de dichos recursos, sino que tiene que coordinarse con otras políticas de carácter ambiental para combatir las presiones provocadas por el cambio climático (Navarro, 2018).

1.2. Objetivos

Este trabajo busca conseguir principalmente dos objetivos. El objetivo fundamental es determinar si el impacto ambiental de la actividad de depuración de aguas está siendo internalizado en las estructuras de costes, es decir, si se está teniendo en cuenta

económicamente el impacto negativo de esta actividad en la toma de decisiones. En segundo lugar, el trabajo busca realizar una aproximación al impacto ambiental que tiene dicha actividad. Ambos objetivos están limitados geográficamente a la provincia de Alicante, aunque también se utiliza información a otras escalas territoriales.

Por otra parte, como factor necesario para este trabajo, otro objetivo consiste en proporcionar información actualizada de la situación de la depuración de aguas en la Provincia de Alicante. En esta línea, el trabajo comenzará contextualizando la situación de la depuración y reutilización de aguas residuales para después examinar si se está produciendo la internalización de los costes ambientales.

2. Ventajas e inconvenientes de la depuración y reutilización de aguas residuales y sus posibles usos

2.1. Ventajas de la depuración y reutilización de aguas residuales

La depuración del agua cuenta con una gran variedad de ventajas que la convierten en una actividad muy valiosa. A la hora de exponerlas, conviene tener en cuenta que las aguas depuradas pueden tener una reutilización indirecta o directa y tanto las ventajas como los inconvenientes dependerán de cuál se lleve a cabo.

Las ventajas de la depuración, independientemente del método de reutilización posterior, se pueden resumir en:

- Aumenta los recursos disponibles, dado que convierte aguas residuales, que no pueden ser reutilizadas ni vertidas sin generar un gran impacto, en aguas de una calidad mayor.
- Son un recurso estable, pues las aguas residuales se obtienen de la actividad humana de una manera continua (CONAMA 9, 2008).
- El proceso de depuración es más barato que los trasvases, la desalinización o la explotación de aguas subterráneas profundas al consumir menos energía, por lo que hay un ahorro tanto económico como energético, con su respectiva contaminación (Melgarejo, 2009).
- Permite reducir la sobreexplotación de las fuentes hídricas, ya sea mediante su vertido al medio natural o su posterior reutilización, contribuyendo a restaurar el equilibrio entre ritmo de extracción y generación de las aguas (Melgarejo, 2009).

- Permite reducir la contaminación por el vertido de aguas al medio natural debido al tratamiento que reciben, haciendo que el impacto ambiental sea menor que en caso de verter las aguas residuales directamente (Prats 2016).

Las ventajas anteriores son propias a la depuración, ya sea por el vertido de las aguas depuradas al medio natural o por la reutilización de las aguas, pero esta última actividad tiene unas ventajas adicionales que surgen de un tratamiento más avanzado de las aguas. Se pueden resumir en:

- Con la calidad de la depuración actual, permite liberar agua potable de diversos usos que no requieren agua de alta calidad, pudiendo reservar el agua de mejor calidad para usos domésticos y gestionando mejor los recursos (CONAMA 9, 2008).
- Permite reducir el uso de fertilizantes y aumentar la productividad agrícola gracias al aumento de calidad de las aguas, tanto por contener algunas sustancias beneficiosas como por la eliminación de las que son perjudiciales (Prats, 2016). Además, al reutilizar las aguas, substancias orgánicas difíciles de mineralizar, que supondrían un aporte contaminante a los cursos naturales del agua, pueden ser degradadas biológicamente en el suelo (Mujeriego, 2005). En general, la reutilización de aguas en la agricultura lleva a una disminución de la contaminación que repercute positivamente en la cadena trófica.
- Reducción o eliminación de la necesidad de instalaciones adicionales de tratamiento de agua de abastecimiento, al poder realizar los aportes de aguas desde la planta de regeneración en vez de lugares más lejanos (Mujeriego, 2005). Esto genera un ahorro energético, con su correspondiente reducción de las emisiones de dióxido de carbono, y de costes de abastecimiento, hace que el impacto sobre el curso natural del agua sea menor y que se reduzca el impacto sobre el medio ambiente por la construcción de todas las instalaciones necesarias (Mujeriego, 2005).
- Otorga una alternativa a verter el agua en zonas donde resulta complicado (Melgarejo, 2009). Además, como la reutilización implica reducir los vertidos de aguas, también contribuye a la reducción de la contaminación, pero de un modo más fuerte en comparación con la depuración de aguas para su posterior vertido.
- Permite disminuir el desvío de agua dulce de los ecosistemas sensibles, que puede causar el deterioro de la calidad del agua y del ecosistema, al liberar grandes

volúmenes de agua para el medio ambiente e incrementar los flujos vitales para los ecosistemas (Mas, 2016).

- Permite la utilización del agua para la creación o mantenimiento de hábitat en humedales y ríos con problemas, que aportan diversos beneficios (Mas, 2016).
- Los tratamientos, al incrementar la calidad del agua, también aumentan la garantía sanitaria de las aguas reutilizadas (Melgarejo, 2009).
- 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 (Melgarejo, 2009).
- Supone un estímulo al sector de la construcción, al empleo y la actividad necesarios para llevar los tratamientos a cabo, es decir, estimula la actividad económica en general. También contribuye al mantenimiento de la agricultura y de sus valores ambientales, sociales y patrimoniales (Melgarejo, 2009).
- A más novedoso y avanzado sea el tratamiento mayor será la calidad del agua resultante, potenciando así las demás ventajas de la reutilización de las aguas residuales que dependen de la calidad del agua.

Estas ventajas de la actividad de depuración y reutilización de aguas dan lugar a la posibilidad de llevar a cabo nuevas estrategias de política hídrica que aprovechen oportunidades no consideradas anteriormente, pero no individualmente, sino como un elemento clave de la planificación integral de los recursos hídricos (Anderson, 2003).

2.2. Inconvenientes de la depuración y reutilización de aguas residuales

No obstante, la depuración de aguas no es un procedimiento carente de inconvenientes, aunque en este caso son similares independientemente del uso posterior del agua, siendo la diferencia más grande que los tratamientos para la reutilización son más avanzados y requieren de una infraestructura y un equipamiento superiores, con su correspondiente incremento de los costes.

Esa necesidad de disponer de las apropiadas infraestructuras de almacenamiento y distribución de aguas, junto con la fiabilidad que deben tener las plantas de regeneración, pues el impacto negativo de la reutilización de aguas mal tratadas puede ser considerable, convierte el proceso de depuración y reutilización de aguas residuales en un proceso que puede alcanzar costes económicos elevados (Mujeriego, 2005). Estos elevados costes son

un condicionante clave a la hora de tomar la decisión de depurar y reutilizar aguas y requerirán de un análisis de mercado para conocer también la demanda que tendrán las aguas tratadas, además de la capacidad para satisfacer a dicha demanda (Mas, 2016). Este análisis a la hora de tomar la decisión está condicionado también por la intervención del sector público, que estimula la realización de estas actividades y permite que el precio final del agua no surja del simple equilibrio entre oferta y demanda, que llevaría a un precio excesivo de las aguas tratadas. A pesar de la intervención pública, los altos precios que tiene que pagar el consumidor por las aguas tratadas condicionan su uso en comparación con otros recursos disponibles.

Al aspecto económico hay que añadir otros inconvenientes de la reutilización de aguas tratadas que influyen en la gestión y en los costes de esta actividad:

- La calidad del agua es un aspecto fundamental, por lo que debe haber adecuación de los tratamientos al uso futuro que se le vaya a dar a las aguas, de modo que se garantice que dicho uso no tenga efectos negativos o estos sean mínimos, aunque el coste será variable y creciente a medida que aumenta la calidad del agua obtenida (Melgarejo, 2009). En el caso de la reutilización del agua, una calidad del agua adecuada estaría relacionada con las cantidades presentes en esta de diversos componentes, tanto orgánicos como inorgánicos, debiendo estar alerta de que ninguno supere unos niveles excesivos.
- Hay también una dependencia de la calidad inicial del agua, pues es un condicionante de los tratamientos a realizar. En algunos casos, la salinidad de las aguas depuradas puede llegar a ser un gran problema (CONAMA 9, 2008).
- Se debe conseguir la aceptación social, vinculada a la calidad físico-química y microbiológica de las aguas (Prats, 2016). El mayor problema de esta aceptación es la numerosa cantidad, no sólo de algunos elementos químicos, sino también de diversos patógenos que pueden tener un efecto muy negativo sobre la naturaleza y el medio ambiente.
- Necesitan ser mezcladas con otras aguas, lo que dificulta su gestión (Melián y Fernández, 2016). Además, no todas las aguas son reutilizables, puesto que a lo largo del año las necesidades hídricas no son constantes y es necesaria una calidad mínima para poder destinarla a ciertos usos (CONAMA 9, 2008).

Dados todos estos inconvenientes, es necesaria una adecuada regulación que intente minimizar estos problemas y aprovechar las ventajas mencionadas anteriormente. La depuración y reutilización de aguas residuales es una herramienta fundamental para afrontar la escasez de recursos, pero es necesario que seamos capaces de comunicar eficazmente los beneficios de esta actividad a los responsables de política hídrica (Angelakis & Durham, 2008).

2.3. Usos de las aguas depuradas regeneradas

Al margen de la posibilidad de no reutilización y de la reutilización indirecta de las aguas depuradas mediante su devolución al ciclo del agua, también se pueden regenerar dichas aguas con el objetivo de reutilizarlas directamente en algún uso concreto. Estos usos pueden ser muy variados y están estrechamente conectados con la calidad del agua resultante de los procesos de tratamiento en las EDAR, aunque en ningún caso son aptas para el consumo humano. Lo anterior implica que la reutilización directa de las aguas regeneradas está estrechamente conectada con los costes de tratamiento, pues la necesidad de una calidad mayor lleva a unos tratamientos más complejos y costosos.

Los posibles usos a los que puede destinarse el agua regenerada están recogidos en el Real-Decreto 1610/2007 y se reducen a cinco grandes grupos: urbanos, agrícolas, industriales, recreativos y ambientales (BOE, 2007).

Los usos urbanos son los referidos a la reutilización directa de las aguas regeneradas en usos residenciales y servicios municipales, entre los que se encuentran:

- Riego de jardines privados.
- Descarga de aparatos sanitarios.
- Riego de zonas verdes urbanas.
- Baldeo de calles.
- Sistemas contra incendios.
- Lavado industrial de vehículos.

Estos usos implican una necesidad de calidad del agua elevada, por lo que los tratamientos que deberán recibir las aguas para la reutilización urbana tendrán que ser avanzados y, por lo tanto, muy costosos, especialmente para los usos residenciales.

En cuanto a los usos agrícolas hay que diferenciar tres grandes tipos de calidades requeridas en función de sí la superficie regada está destinada al consumo o no y, dentro del consumo, también existe una diferencia de calidad exigida según si el consumo es en fresco o recibirá un tratamiento industrial posterior. Los usos agrícolas a los que se puede destinar el agua regenerada son:

- Riego de cultivos para la alimentación humana en fresco.
- Riego de cultivos para la alimentación humana que recibe un tratamiento industrial previo al consumo.
- Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne.
- Acuicultura.
- Riego localizado de cultivos leñosos de modo que se evite el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana.
- Riego de flores ornamentales, viveros e invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones.
- Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.

El tercer destino de las aguas regeneradas es la reutilización industrial, que cuenta con cuatro posibles usos:

- Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria.
- Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria.
- Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.
- Otros usos industriales.

La diferenciación de las aguas de proceso y limpieza según si la industria es alimentaria o no proviene de una diferencia en los tipos de criterio aplicados, puesto que no se aplican los mismos cuando la industria está destinada a producir alimentos para el consumo.

Los usos recreativos son otro posible destino, que se divide en dos usos principales por la gran diferencia en la exigencia de calidad y que son:

- Riego de campos de golf.
- Uso en estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.

Fomentar la reutilización de aguas residuales para el riego de campos de golf tendría la gran ventaja de liberar recursos para otros usos más importantes o que requieran de agua de mayor calidad. Por tanto, solamente se utilizaría agua potable para el riego de campos de golf una vez satisfechas las demandas de otros usos prioritarios sobre el recreativo, mejorando así la distribución de los recursos hídricos disponibles (Prats y Melgarejo, 2006).

Por último, los usos ambientales están relacionados con el mantenimiento de bienes naturales diversos:

- Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.
- Recarga de acuíferos por inyección directa.
- Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público.
- Silvicultura.
- Otros usos ambientales relacionados con el mantenimiento de humedales, de caudales mínimos y similares.

Las calidades del agua requeridas en este grupo de usos varían considerablemente, hasta el punto de que la calidad mínima para otros usos ambientales se estudia caso por caso.

La legislación sobre los usos de las aguas regeneradas establece los criterios de calidad del agua exigida para cada uno de dichos usos en términos de cantidad de nematodos intestinales, *escherichia coli*, sólidos en suspensión, turbidez u otros criterios, a excepción de los otros usos ambientales, que no tienen un criterio fijo. Los criterios varían considerablemente en función del uso específico que se le vaya a dar al agua, destacando la elevada calidad exigida a las aguas para su reutilización en usos urbanos.

3. Situación y evolución de la depuración en la Comunidad Valenciana y Alicante

3.1. Necesidades hídricas en la Comunidad Valenciana y Alicante

En el II Plan Director de Saneamiento se consideró que las demandas hídricas de la Comunidad Valenciana alcanzaban los 3432 hm^3/año, mientras que los recursos disponibles eran de 3467 hm^3/año (Generalitat Valenciana, 2002). A las necesidades anterior deben sumarse otros 235 hm^3/año, necesarios como salidas al mar para garantizar

la sostenibilidad de los acuíferos, por lo que la necesidad de agua se quedaría en 3667 hm^3/año, con un déficit anual de 200 hm^3. Este déficit se concentra fundamentalmente en el sector agrario que, de los 3432 hm^3/año necesarios, concentran 2703. Además, habría que considerar las demandas medioambientales, es decir, los caudales ecológicos y los volúmenes de recursos necesarios para el mantenimiento de zonas húmedas, lo que supone una restricción adicional al uso de los recursos (Comunidad Valenciana, 2002).

Para la provincia de Alicante, destaca especialmente el importante déficit hídrico en los sistemas Vinalopó-Alacantí y Vega Baja, lo que explica que, en 2002, el 30% del volumen de aguas reutilizadas de toda la Comunidad Valenciana se concentrara en estos dos sistemas. El déficit del primero de estos dos sistemas alcanza los 157 hm^3/año, mientras que el del segundo es de 67 hm^3/año, a pesar del alto volumen de aguas reutilizadas.

La Comunidad Valenciana sufre una importante escasez por motivos climáticos, hidrográficos e hidrogeológicos, además del desigual reparto de aguas, lo que provoca una alta competitividad por su acceso y uso (Rico, 2002). Esto último se puede observar fácilmente comparando la situación de recursos hídricos de los sistemas Vinalopó-Alacantí y Vega Baja con la del resto de sistemas de la Comunidad Valenciana.

Además de la situación actual, el crecimiento demográfico y turístico incrementarán todavía más las necesidades hídricas de la provincia de Alicante y de la Comunidad Valenciana en su conjunto, por lo que se hacen necesarias nuevas medidas para la gestión sostenible de los recursos hídricos, especialmente incrementar las instalaciones de depuración y avanzar en los tratamientos a los que se someten las aguas, y un uso más eficiente de los recursos ya existentes (CONAMA 9, 2008).

Tabla 3.1.1 Recursos hídricos disponibles y necesidades existentes en los sistemas de explotación de la Comunidad Valenciana.

Cuenca hidrográfica	Sistema de explotación	Recursos disponibles	Demandas				Salidas acuífero	Necesidad Total	Balance
			Urbana	Industrial	Agraria	Total			
Ebro	Bergantes	50	2	-	3	5	5	10	40
Júcar	Cenia-Maestrazgo	108	13	-	117	130	35	165	-57
	Mijares-Plana de Castellón	389	50	15	275	340	74	414	-25
	Palancia	122	15	13	90	118	18	136	-14
	Turia	665	200	25	475	700	15	715	-50
	Júcar	1292	85	45	950	1080	55	1135	157
	Serpis	134	30	4	102	136	21	157	-23

	Marina Alta	154	25	-	91	116	12	128	26
	Marina Baja	45	40	-	35	75	-	75	-30
	Vinalopó-Alacantí	240	125	12	260	397	-	397	-157
Total Júcar		3149	583	114	2395	3092	230	3322	-173
Segura	Vega Baja	268	30	-	305	335	-	335	-67
Total Comunidad Valenciana		3467	615	114	2703	3432	235	3667	-200

Fuente: Generalitat Valenciana, 2002.

Concretamente, las actuaciones futuras deberán consistir en la adecuación de las infraestructuras para poder dotar de aguas regeneradas a todos los demandantes, lo que exige mejoras tanto en los tratamientos realizados como en el transporte del agua. Otro punto clave es salvar la diferencia estacional entre oferta y demanda de aguas regeneradas, ya que la producción de estas aguas es estable a lo largo del año y la demanda es más intensa en los meses de verano y más baja en los de invierno (CHJ, 2015).

Especificando en la provincia de Alicante, la tabla 3.1.2 muestra los recursos disponibles en la demarcación hidrológica del Júcar. Los recursos propios disponibles utilizables son 3110,6 hm^3/año para el periodo 1980-2012, pues la primera columna de datos incluye recursos que no satisfacen demanda como las salidas de agua subterránea al mar. A estos recursos totales habría que sumarles 121,5 hm^3/año corresponden a la reutilización de aguas saneadas, 3,5 hm^3/año provenientes de la desalación de aguas y 81,1 hm^3/año de recursos externos.

Tabla 3.1.2 Recursos totales de la demarcación hidrológica del Júcar (hm^3/año).

Sistema de explotación	Recursos propios			Reutilización	Desalación	Recursos externos
	Pre – ER	Modelo simulación	Puntos principales de aportación			
Cenia-Maestrazgo	313,6	143,4	28,5	0,2	0	0
Mijares-Plana de Castellón	539,8	326,1	246,4	4,2	0	0
Palancia-Los Valles	116,2	63,3	56,2	0,2	0	0
Turia	534,2	471,9	364,6	66,3	0	0
Júcar	1.737,3	1.605,4	1.191,8	18,3	0	0
Serpis	253,7	199,8	55,1	1,8	0	0
Marina Alta	246,3	164,4	-	0,3	0	0
Marina Baja	80,4	67,7	44,2	5	3,5	0
Vinalopó-Alacantí	110,8	68,6	-	25,2	0	81,1

Total DHJ	3.932,2	3.110,6	1.986,8	121,5	3,5	81,1

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Júcar (CHJ, 2015).

Por otra parte, las demandas de esta misma demarcación se muestran desagregadas por sistema de explotación y por uso del agua en la tabla 3.1.3 para el año 2012, mientras que la tabla 3.1.4 se refiere a las necesidades totales por uso presentes y futuras, pero sin desagregar por sistema de explotación.

En cuanto a la demanda actual, en 2012 esta alcanza 3240,81 hm^3/año, 2580,66 de los cuales provienen de los usos agrarios, que es ligeramente inferior a la totalidad de recursos disponibles por año. Sin embargo, se espera que se reduzca en el futuro la demanda de aguas para usos agrarios, debido a las modernizaciones del regadío y a una mejora en la gestión de los recursos, y urbanos, por el ajuste de las proyecciones de población del INE (CHJ, 2015). De este modo, se espera que en 2033 las demandas totales de agua se reduzcan hasta los 3022,75 hm^3/año.

Tabla 3.1.3 Demanda total de agua por sistema de explotación y uso para la demarcación hidrológica del Júcar en 2012.

Sistema de explotación	Demandas									
	Urbana		Agraria		Industrial		Recreativa		Total DHJ	
	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%
Cenia-Maestrazgo	19,92	0,6	109,81	3,4	0,55	0,0	0,50	0,0	130,78	4,0
Mijares-Plana de Castellón	49,03	1,5	218,47	6,7	12,16	0,4	1,19	0,0	280,85	8,7
Palancia-Los Valles	7,99	0,2	67,45	2,1	2,79	0,1	0,00	0,0	78,23	2,4
Turia	77,07	2,4	453,43	14,0	27,43	0,8	1,95	0,1	559,88	17,3
Júcar	203,37	6,3	1396,45	43,1	45,89	1,4	2,68	0,1	1648,39	50,9
Serpis	28,54	0,9	85,89	2,7	5,15	0,2	0,00	0,0	119,58	3,7
Marina Alta	37,34	1,2	64,96	2,0	0,46	0,0	1,71	0,1	104,47	3,2
Marina Baja	21,90	0,7	30,01	0,9	0,00	0,0	1,83	0,1	53,74	1,7
Vinalopó-Alacantí	37,97	1,2	112,22	3,5	28,93	0,9	2,23	0,1	181,35	5,6
Externo	41,57	1,3	41,99	1,3	0,00	0,0	0,00	0,0	83,56	2,6
Total	524,70	16,2	2.580,66	79,6	123,37	3,8	12,08	0,4	3.240,81	100

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Júcar (CHJ, 2015).

Tabla 3.1.4 Demanda actual y prevista de agua por uso y por horizonte temporal en la demarcación hidrológica del Júcar.

Escenario	Demandas									
	Urbana		Agraria		Industrial		Recreativa		Total DHJ	
	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%
2012	524,70	16,2	2.580,66	79,6	123,37	3,8	12,08	0,4	3.240,81	100
2021	482,31	15,9	2.384,79	78,6	153,49	5,1	13,70	0,5	3.034,29	100

2027	476,60	15,9	2.343,37	77,9	171,12	5,7	15,38	0,5	3.006,47	100
2033	473,60	15,7	2.343,37	77,5	190,40	6,3	15,38	0,5	3.022,75	100

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Júcar (CHJ, 2015).

La segunda demarcación hidrológica presente en la provincia de Alicante es la del Segura. La tabla 3.1.5 muestra, al igual que la tabla 3.1.4 para el Júcar, las demandas de recursos hídricos en función del uso que se le vaya a dar, tanto para el presente como para el futuro. En este caso la demanda para el año 2012 asciende a 1722,5 hm^3/año para el total de la demarcación, pero se espera un ligero aumento hasta los 1763,5 hm^3/año para el año 2033. De nuevo, los usos agrarios son la principal fuente de demanda de aguas, pues suponen 1487,1 hm^3/año para el año 2012 y se espera que para 2033 la demanda sea de 1490,9 hm^3/año.

Tabla 3.1.5 Demanda actual y prevista de agua por uso y por horizonte temporal en la demarcación hidrológica del Segura.

Demanda horizonte	Urbana		Agraria		Industrial no conectada		Servicios (riego golf)		Mantenimiento de humedales (consultiva)		Total	
	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%	Hm^3	%
2012	185,5	10,8	1.487,1	86,3	9,0	0,5	11,3	0,7	29,6	1,7	1.722,5	100
2015	189,1	11,0	1.487,1	86,1	9,1	0,5	11,3	0,7	29,6	1,7	1.726,2	100
2021	194,3	11,2	1.487,1	85,9	9,5	0,5	11,3	0,7	29,6	1,7	1.731,8	100
2027	208,3	11,9	1.490,9	85,2	10,3	0,6	11,3	0,7	29,6	1,7	1.750,4	100
2033	210,9	12,0	1.490,9	84,5	11,5	0,7	20,6	1,2	29,6	1,7	1.763,5	100

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021 (CHS, 2015a).

La tabla 3.1.6 recoge la estimación de los recursos aportados a las demandas separando por origen de las aguas y por horizonte temporal. Después, la tabla 3.1.7 expresa, tras la estimación anterior, la demanda que queda sin satisfacer, de nuevo diferenciando por uso y horizonte temporal.

La primera de estas tablas muestra que el volumen actual de aguas suministrado ya es insuficiente para satisfacer toda la demanda, pues solamente alcanza los 1637 hm^3/año pero, además, se espera que los recursos aportados se reduzcan por la disminución de los recursos convencionales, concretamente el bombeo no renovable, a pesar del aumento de los recursos no convencionales por medio de la reutilización, tanto directa como indirecta, y de la desalación, alcanzando el volumen total de recursos aportados 1492 hm^3/año.

Por su parte, la tabla 3.1.7 muestra la demanda por uso que queda sin satisfacer, que es nula en todo momento para el abastecimiento y para humedales, pero es elevada y consistente en el tiempo, en términos relativos, para los usos agrarios, industriales y de riego de campos de golf. Si bien el déficit de demanda agraria se espera que se reduzca

en términos relativos y absolutos, ésta será de 378 hm^3/año en 2033, es decir, un 24% de la demanda total para usos agrarios, lo que supone un déficit considerable. Por su parte, el riego de campos de golf y los usos industriales tienen un déficit muy bajo en términos absolutos, pero mientras en el caso de los campos de golf es estable, en el caso de la industria se duplica, pasando de 2 hm^3/año a 4, alcanzando el 36% del total demandado.

Tabla 3.1.6 Estimación de recursos hídricos aportados, por procedencia del agua, a las demandas en los distintos horizontes para la demarcación hidrológica del Segura.

Ciclo de planificación y horizonte			2015	2021	2027	2033
Recursos convencionales	Superficial	Hm3	444	442	445	442
		%	27	27	27	30
	Bombeo Renovable	Hm3	281	281	281	283
		%	17	17	17	19
	Bombeo No Renovable	Hm3	231	207	201	0
		%	14	13	12	0
Recursos no convencionales	Azarbe	Hm3	62	62	59	59
		%	4	4	4	4
	Reutilización Directa	Hm3	90	92	102	108
		%	5	6	6	7
	Reutilización Indirecta	Hm3	50	50	52	52
		%	3	3	3	3
	Desalación	Hm3	158	193	209	226
		%	10	12	13	15
Recursos externos	ATS	Hm3	305	305	305	305
		%	19	18	18	20
	Negratín	Hm3	17	17	17	17
		%	1	1	1	1
Total(hm3/año)			1637	1649	1671	1492

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021 (CHS, 2015a).

Tabla 3.1.7 Déficit hídrico por demanda y horizonte temporal para la demarcación hidrológica del Segura.

Demanda	Déficit total							
	Actualidad		Horizonte 2021		Horizonte 2027		Horizonte 2033	
	Hm^3/año promedio	% sobre demanda	Hm^3/año promedio	% sobre demanda	Hm^3/año promedio	% sobre demanda	Hm^3/año promedio	% sobre demanda
Abastecimiento	0	0	0	0	0	0	0	0
Regadío	429	28	394	25	383	25	378	24
Industria	2	22	3	33	3	30	4	36
Golf	3	24	3	24	3	24	3	24
Humedales	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021 (CHS, 2015a).

3.2. Evolución de la depuración de aguas residuales en la Comunidad Valenciana y Alicante

Entre los años 1986 y 1992 se realizaron un gran número de actuaciones en materia de saneamiento de aguas, pero en 1992 todavía existía un fuerte déficit estructural y no estaba garantizado que las estructuras se mantuviesen adecuadamente, por lo que en 1992 la Generalitat Valenciana promulgó la Ley 2/92 de Saneamiento de las Aguas Residuales con el acuerdo de todos los grupos políticos. Esta ley implantaba el Canon de Saneamiento, con naturaleza de impuesto, para garantizar los recursos económicos para financiar los costes de mantenimiento y explotación de las EDAR. El Canon grava la producción de aguas residuales, manifestada a través del consumo (EPSAR, 2007).

Entre los años 1993 y 2000, se ejecutó el I Plan Director de Saneamiento, que supuso la construcción o remodelación de 300 EDAR en poblaciones mayores de 500 habitantes con una inversión de 338 millones de euros. Más tarde, se elabora el II plan director de saneamiento como respuesta a la necesidad de ajustar la depuración de aguas a las nuevas disposiciones legales y adecuar la capacidad de tratamiento a las demandas presentes y futuras. El horizonte temporal de este segundo plan se extendía desde 2001 hasta el 2008 e implicaba una inversión de 1.054 millones de euros (EPSAR, 2007).

En 1985, se transfiere a la Generalitat Valenciana las competencias en materia de saneamiento y, desde 1993, con el primer plan de saneamiento, la depuración y reutilización de aguas en la Comunidad Valenciana y, concretamente, en Alicante, ha ido evolucionando constantemente en respuesta a las necesidades y presiones hídricas que sufre la región, concretamente la escasez de agua provocada por las secuencias de sequías de 1981-1984 y 1991-1996 (Rico, 2002).

Además de los planes de saneamiento, se aprueba en 1992 el modelo de gestión de aguas residuales vigente hasta la actualidad. El 16 de octubre de 1992 se aprueba el estatuto de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales (EPSAR), una empresa pública dependiente de la Generalitat Valenciana a la que se le atribuyó la construcción y gestión de las instalaciones de saneamiento de aguas residuales y la recaudación y gestión del Canon de Saneamiento. El 25 de enero de 1993 se aprueba el Reglamento sobre Financiación de la Explotación de las Instalaciones de Saneamiento y Depuración. El 8 de febrero de 1993 se aprueba el Reglamento sobre el Régimen Económico-Financiero y

Tributario del Canon de Saneamiento, un tributo autonómico destinado a garantizar la autosuficiencia financiera del sistema (Comunidad Valenciana, 2002).

El primer plan de saneamiento tenía como objetivo fundamental corregir el déficit de instalaciones que se había manifestado por los problemas de recursos hídricos, por lo que el aspecto principal del plan fue la construcción de diversas instalaciones de depuración de aguas. Por otra parte, el segundo plan de saneamiento ponía énfasis en mejorar la calidad del agua para ser capaces de incrementar la cantidad de aguas reutilizadas, concretamente el 70% en el horizonte del plan, mediante la ampliación y modernización de las infraestructuras y la implantación de tratamientos terciarios y otros sistemas que optimicen la calidad del agua depurada para su completa reutilización. Para realizar estos cambios del segundo plan de saneamiento se contaba con un presupuesto de 1.054 millones de euros distribuidos entre el Estado, la Generalitat Valenciana, las diputaciones, ayuntamientos y usuarios (Comunidad Valenciana, 2002).

Tabla 3.2.1 Distribución del presupuesto del II plan director de saneamiento.

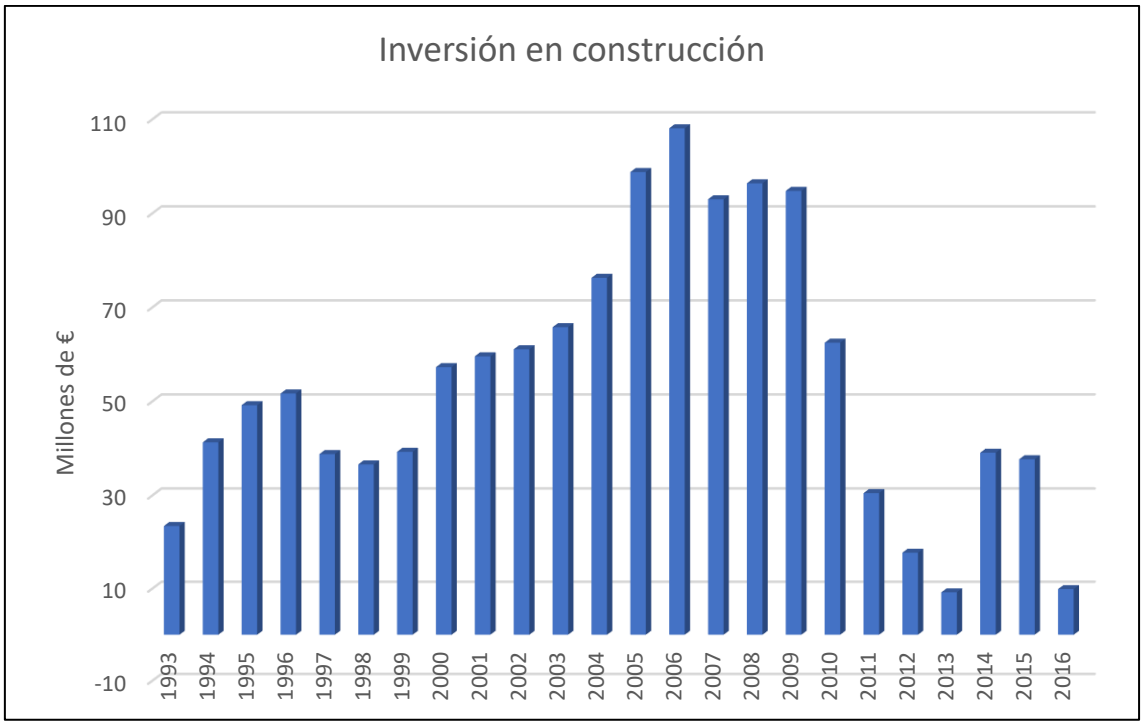
Actuación	Programas						Presupuesto
	Colectores	Sistema Tratamiento	Reducción Nutrientes	Fangos	Reutilización	Varios	
Iniciativa Generalitat Valenciana	182736	319898	56445	116535	171722	-	847336
Convenio G.V. Diputación Castellón	532	20389	286	-	-	-	21207
Convenio G.V. Diputación Valencia	1342	24257	1111	4207	420	-	31337
Convenio G.V. Diputación Alicante	6019	18063	1446	-	310	-	25838
Inversiones adicionales	25000	25000	-	-	20000	-	70000
Terrenos + Asistencia técnica + [I+D]	-	-	-	-	-	63000	63000
Total	215629	407607	56288	120742	192452	63000	1058718

Fuente: Generalitat Valenciana, 2002.

Además de las inversiones recogidas en el cuadro, la EPSAR ha invertido, entre 1993 y 2016, 1.298 millones de euros en construcción de nuevas instalaciones (EPSAR, 2017). En consecuencia, el número de depuradoras en funcionamiento ha aumentado desde las

155 que había en 1993 a las 482 a términos del 2016, 171 de las cuales están en la provincia de Alicante.

Gráfico 3.2.1 Inversión en construcción de la EPSAR desde 1993 a 2016.



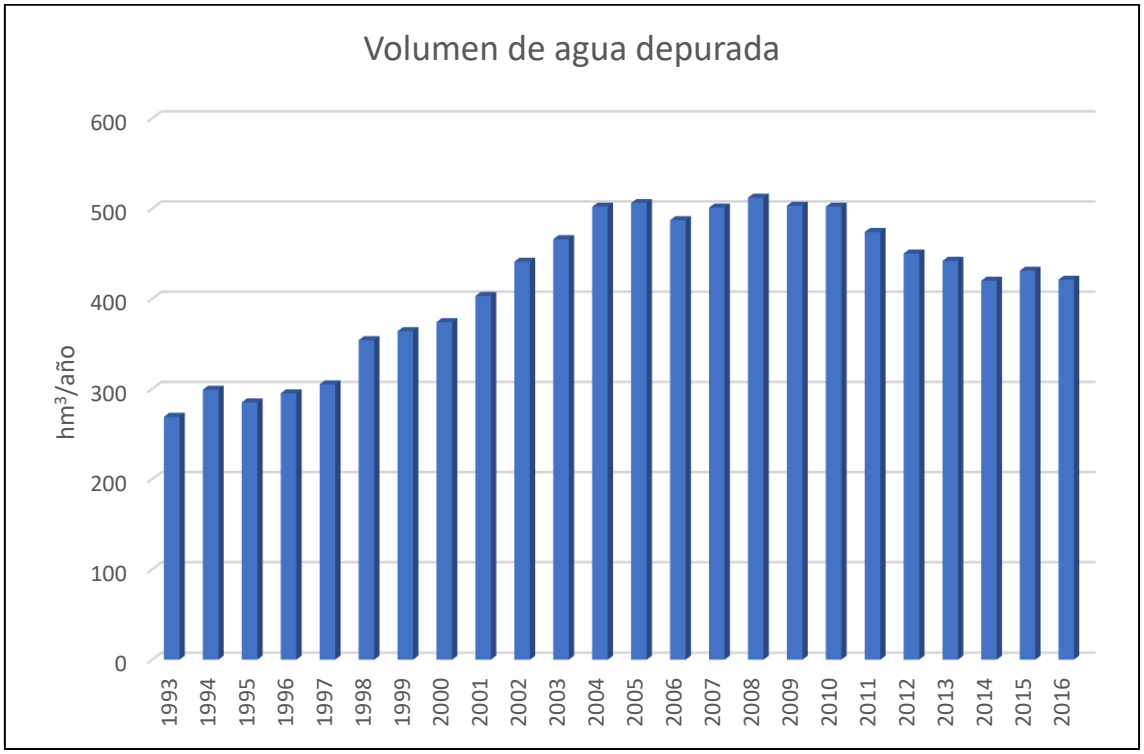
Fuente: EPSAR, 2017 y Mas, 2016. Elaboración propia.

La inversión en construcción y el creciente número de instalaciones de depuración va en sintonía con el crecimiento de los volúmenes de agua depurada que, de los 269 hm3/año que se depuraban en 1993, pasa en 2016 a 421 hm3/año. No obstante, se pueden observar dos tendencias diferentes en la evolución tanto de la inversión en construcción y el volumen de agua depurada. La inversión en construcción de nuevas instalaciones de depuración crece con fuerza hasta 2006, momento en el que empieza a reducirse por limitaciones presupuestarias y alcanza unos niveles reducidos en los últimos años, especialmente 2013 y 2016. Por su parte, el volumen de agua, que también crece con cierta fuerza desde 1993, se estabiliza entre 2004 y 2010 y comienza a reducirse a partir de ahí por la reducción del consumo de agua potable, que es una de las fuentes de aguas residuales, y el descenso de la actividad industrial y económica (Mas, 2016).

Esta evolución creciente, tanto de la inversión en construcción como del volumen de aguas depuradas, desde 1993 hasta mediados de la década de los 2000 se debe a dos factores principales que fueron muy relevantes en la elaboración del II plan director. El primero es la expansión demográfica, puesto que una población más elevada requiere de unos volúmenes de agua mayores, mientras la Comunidad Valenciana veía como la escasa

capacidad instalada de depuración de aguas era insuficiente para cubrir tanto las necesidades presentes como las futuras, haciéndose evidente la necesidad de estimular la depuración y, por otra parte, el segundo consistía en la necesidad de ajustar la depuración de aguas a las nuevas disposiciones legales (EPSAR, 2007). Tras todo este periodo, la provincia de Alicante se encuentra con un total de 171 instalaciones de depuración, que tratan en total 122,71 hm^3/año (EPSAR, 2017).

Gráfico 3.2.2 Volumen de agua depurada en la Comunidad Valenciana de 1993 a 2016.



Fuente: EPSAR, 2017.

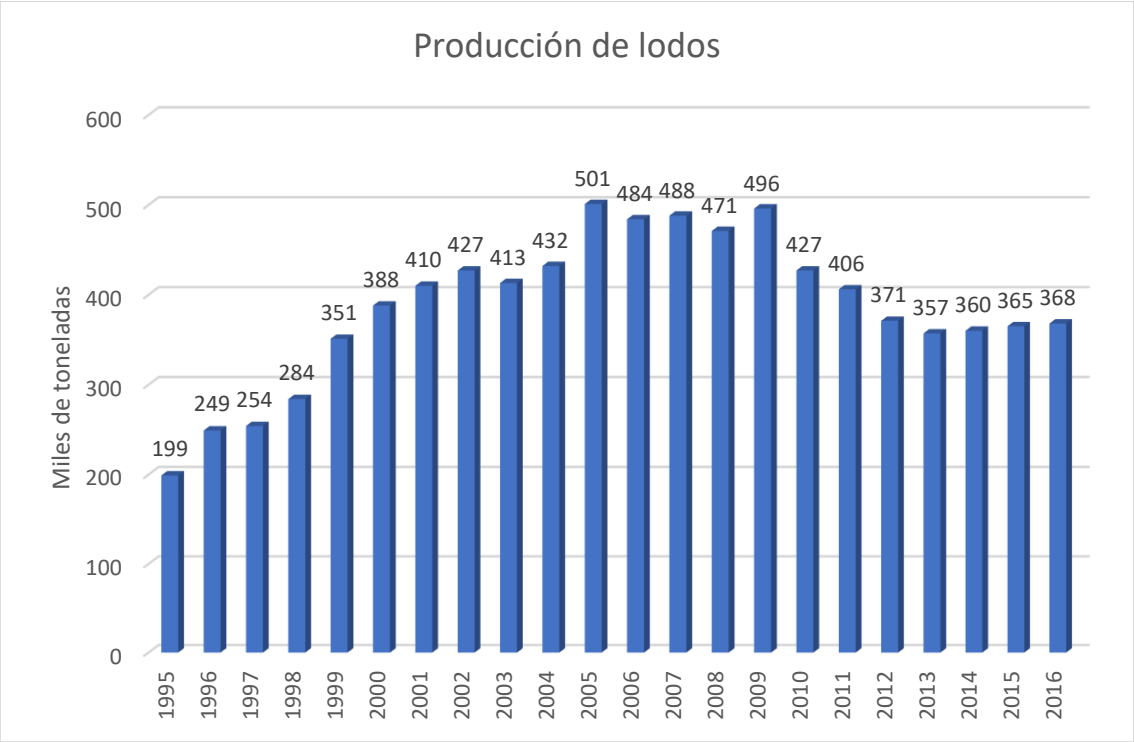
La carga máxima semanal tratada define el volumen que el total de depuradoras de la Comunidad Valenciana puede tratar semanalmente. La tendencia es decreciente, puesto que de 2004 a 2016 la capacidad ha disminuido, sin embargo, en los últimos años se ha ido incrementando.

Otro resultado del proceso de depuración de aguas es la producción de los denominados lodos de depuración, que contienen materia orgánica y nutrientes y los convierte en un recurso valioso para la agricultura, especialmente en la Comunidad Valenciana, que posee unos suelos pobres en materia orgánica y una importante actividad agrícola (EPSAR, 2017).

Gráfico 3.2.3 Carga máxima semanal que pueden tratar las EDAR de la Comunidad Valenciana de 2004 a 2016.

Fuente: EPSAR, 2017.

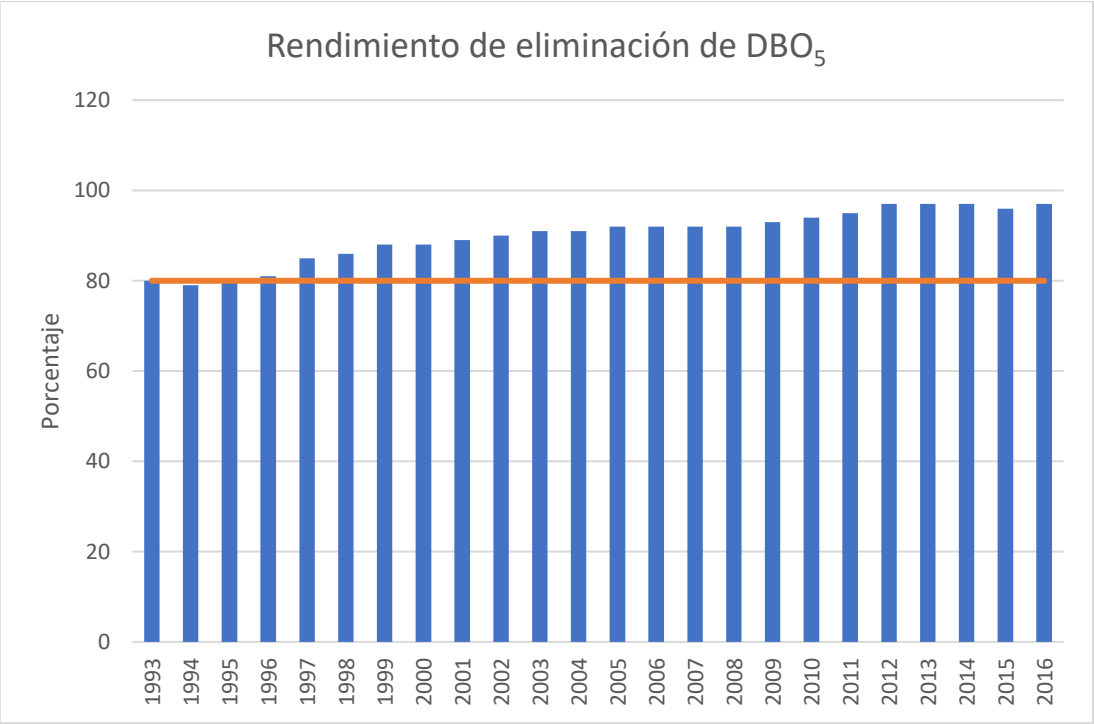
Gráfico 3.2.4 Producción de lodos de las EDAR de la Comunidad Valenciana de 1995 a 2016.



Fuente: EPSAR, 2017.

En cuanto al rendimiento de las depuradoras, se puede observar que el rendimiento de eliminación de DBO_5 (materia orgánica biodegradable) es elevado y creciente. En 1993, el rendimiento de eliminación de este elemento era ya más elevado del requisito mínimo de la Directiva 91/271 CEE del 80%, alcanzando el 97% en el año 2016, que es un rendimiento muy elevado.

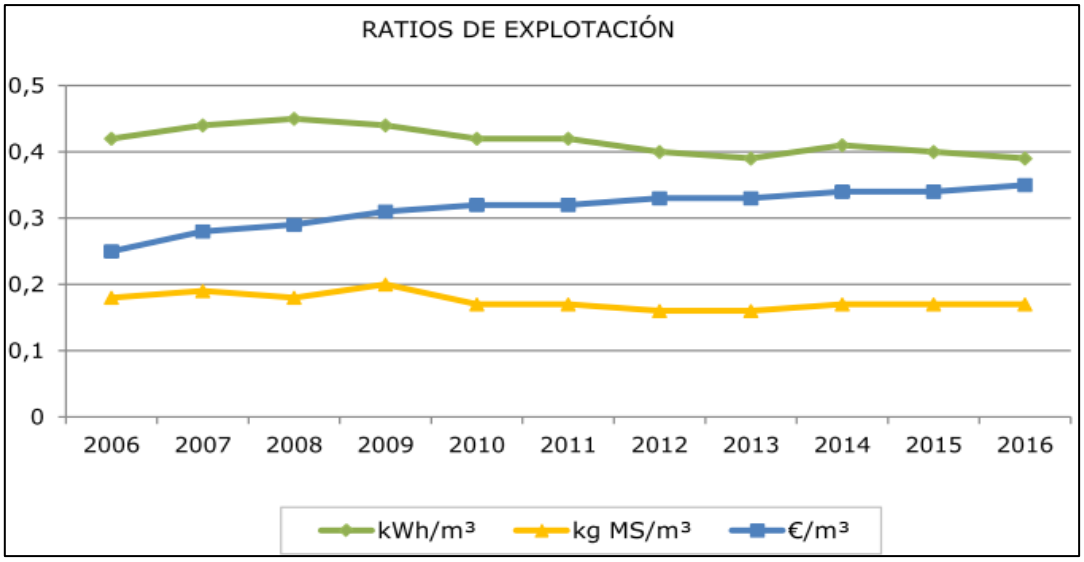
Gráfico 3.2.5 Rendimiento de eliminación de DBO_5 de las EDAR de la Comunidad Valenciana de 1993 a 2016 y Límite de la Directiva 91/271 CEE.



Fuente: EPSAR, 2017.

Por último, las ratios de explotación describen el consumo energético en kWh, la producción de lodos y el coste del agua depurada, todo por metro cúbico de agua. En cuanto al consumo energético, se puede observar una ligera reducción de la ratio de 2006 a 2016, que surge de las actuaciones de optimización energética que se vienen aplicando durante los últimos años y del descenso de caudal tratado (EPSAR, 2017). La cantidad de lodos producida (kg MS/m^3) se mantiene estable en este periodo, a pesar del pico de 2009. Por último, el coste del agua depurada por metro cúbico sigue una tendencia creciente desde 2006, alcanzando un coste medio en la Comunidad Valenciana de 0,35€/m^3.

Gráfico 3.2.6 Ratios de explotación de las EDAR de la Comunidad Valenciana de 2006 a 2016.

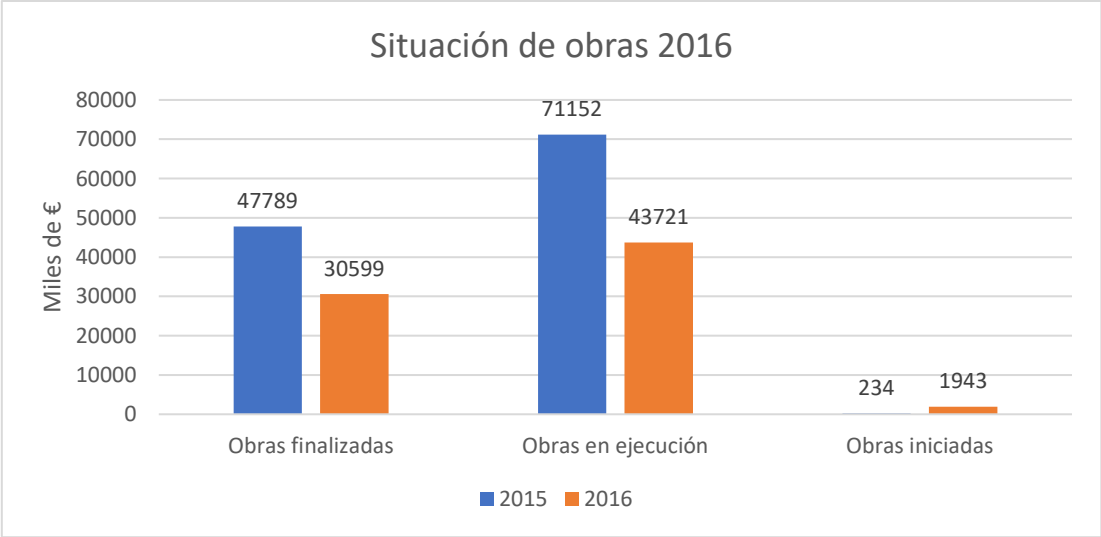


Fuente: EPSAR, 2017.

3.3. Situación del agua depurada en la Comunidad Valenciana y Alicante

En la Comunidad Valenciana, durante el año 2015, se terminaron obras por valor de 47.789 miles de euros y se mantenían en ejecución obras por un valor de 71.152 miles de euros, con solamente unas obras iniciadas por valor de 234 miles de euros. En 2016, las obras finalizadas y en ejecución se redujeron considerablemente, hasta los 30.599 miles de euros y los 43.721 miles de euros, respectivamente, mientras que el valor de las obras iniciadas ascendió a 1.943 miles de euros.

Gráfico 3.3.1 Situación de las obras de instalaciones de depuración de aguas en 2016 en la Comunidad Valenciana.

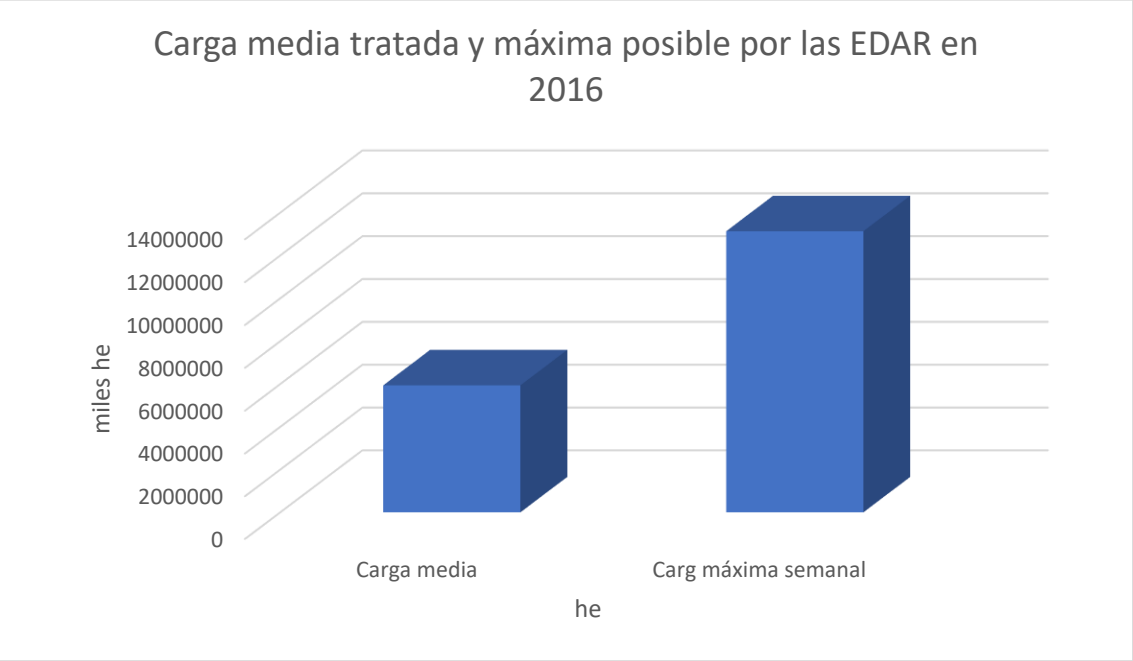


Fuente: EPSAR, 2017.

Las instalaciones en funcionamiento en 2016 tenían una carga máxima semanal de 13.130.323 he, un 14,93% más que en 2015, y la carga media contaminante tratada ascendió a 5.936.183 he, un 2,22% menor que en 2015. Sin embargo, a pesar de este incremento en la carga media tratada, la carga máxima semanal que las depuradoras podrían tratar es más del doble que la tratada, por lo que la capacidad instalada está desaprovechada hasta cierto punto.

Además, de 1995 a 2010 el porcentaje de población con tratamiento secundario o terciario experimentó un gran aumento y alcanzó el 93%, pero la normativa europea exige un 100% en este sentido, de modo que todavía queda camino por recorrer, especialmente para el tratamiento terciario, cuyo valor es tan sólo del 60% (Melgarejo y López, 2016b).

Gráfico 3.3.2 Carga media de agua tratada por las EDAR de la Comunidad Valenciana y carga máxima que podrían haber tratado en 2016.



Fuente: EPSAR, 2017.

Como consecuencia de las necesidades hídricas de la Comunidad Valenciana, durante el año 2016 se ha realizado el aprovechamiento directo de los caudales depurados en 117 instalaciones, lo que supone el aprovechamiento de 128,09 hm^3, que representan el 30,42% del volumen depurado de ese año (EPSAR, 2017).

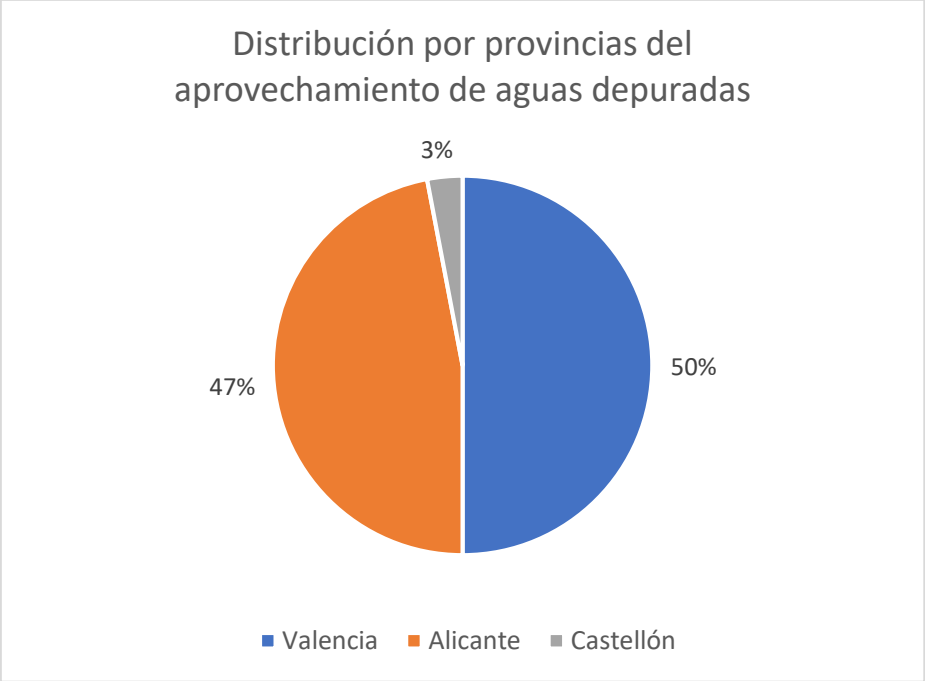
De los 128,09 hm^3 que se han reutilizado de manera directa en 2016, el 47% lo han sido en la provincia de Alicante, el 50% en Valencia y el 3% restante en Castellón. En cuanto a los usos a los que se destina el agua saneada, el 96,2% va dirigida a usos agrícolas,

dejando solamente un 3,8% para los usos recreativos, industriales y urbanos, es decir, el uso principal de las aguas saneadas en la Comunidad Valenciana es la agricultura.

En Alicante se han depurado un total de 122,7 hm^3 en 2016, habiéndose reutilizado de manera directa cerca de 60 hm^3, de manera indirecta mediante su vertido a cauce 27,5 hm^3 y los restantes 35,5 hm^3 se han vertido al mar (Prats y Jódar[1]).

Actualmente la Comunidad Valenciana es una de las más avanzadas en infraestructuras de reutilización, disponiendo de 43 EDAR con tratamiento terciario o avanzado con una capacidad total de tratamiento de 333,90 hm^3/año (EPSAR, 2017).

Gráfico 3.3.3 Distribución provincial del aprovechamiento de aguas depuradas en 2016.



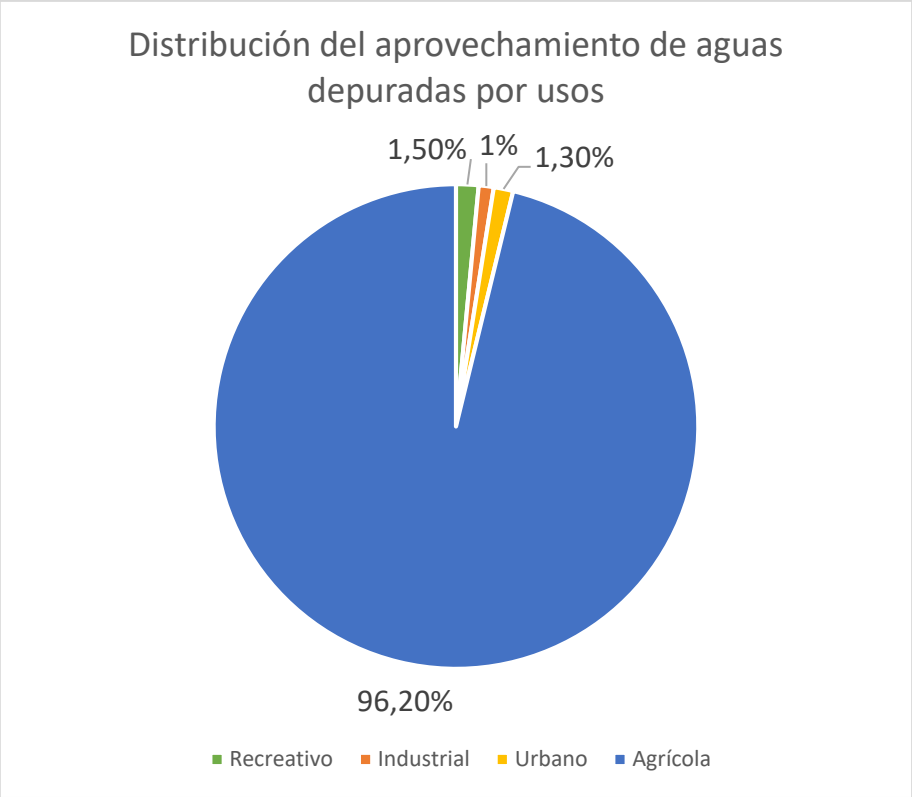
Fuente: EPSAR, 2017.

En cuanto a la calidad del agua depurada en 2016, se puede observar en la tabla los límites de sólidos en suspensión, DBO_5 y DQO según la Directiva del Consejo 91/271 CEE, así como los valores que alcanzaron en la Comunidad Valenciana en dicho año. Para las tres variables, se puede observar que, tanto la salida de estos elementos, medida en miligramos por litro, como el rendimiento en su eliminación, medido como porcentaje de elemento eliminado, se sitúa muy por encima de los valores exigidos por la Unión Europea gracias a la inversión realizada en los últimos años y al alto grado de especialización de las

[1] Dato facilitado por cortesía de los autores.

empresas encargadas de la operación y mantenimiento de las depuradoras (EPSAR, 2017).

Gráfico 3.3.3 Distribución por usos del aprovechamiento de aguas depuradas en 2016.



Fuente: EPSAR, 2017.

Tabla 3.3.1 Valores de salida de SS, DBO_5 y DQO, su rendimiento de eliminación en la Comunidad Valenciana y su límite en la Directiva 91/271 CEE.

Parámetro	Límite SS (1)	SS	Límite DBO5 (1)	DBO%	Límite DQO (1)	DQO
Entrada (mg/l)		286		310		592
Salida (mg/l)	≤ 35	8	≤ 25	8	≤ 125	35
Rendimiento (%)	≥ 90	96	≥ 70	97	≥ 75	93
(1) Valor límite establecido en la Directiva del Consejo 91/271 CEE						

Fuente: EPSAR, 2017.

Por otra parte, la producción de lodos en las EDAR de la Comunidad Valenciana durante 2016 ascendió a 367.532 toneladas, un 0,77% más que en 2015, a pesar de la disminución de carga tratada en las depuradoras del 2,22%. El destino de estos lodos en 2016 se dividió entre el uso agrícola, al que se destinaron el 90,1% de los lodos, y la valorización energética en horno de cementera, con el 9,89 % restante, ya que durante este año no se evacuó fango de depuradora directamente a vertedero.

Gráfico 3.3.4 Destino de los lodos producidos en las EDAR de la Comunidad Valenciana en 2016.

Fuente: EPSAR, 2017.

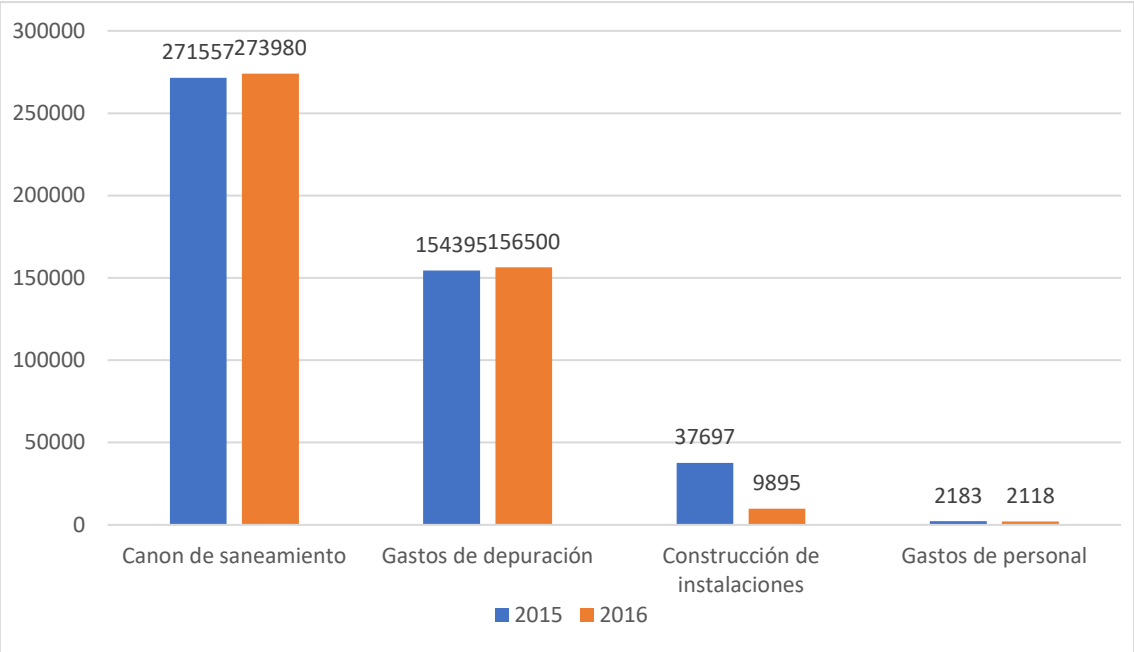
En cuanto a los indicadores económicos, se puede observar que, en 2016, la facturación por Canon de Saneamiento y los gastos de depuración han crecido respecto a 2015, destacando en dichos gastos los realizados en materia de reformas, mejoras y reparaciones, que crecieron un 19,9% respecto al año anterior, mientras que se han reducido considerablemente los gastos en construcción de instalaciones y, en menor medida, los gastos de personal.

Tabla 3.3.2 Indicadores económicos de la EPSAR en 2015 y 2016, así como su variación.

Indicadores económicos (miles de €)	2015	2016	%
Canon de Saneamiento	271557	273980	0,9
Gastos de depuración	154395	156500	1,4
Explotación y control de instalaciones	150476	151801	0,9
Reformas, mejoras y reparaciones	3919	4699	19,9
Construcción de instalaciones	37697	9895	-73,8
Gastos de personal	2183	2118	-3,0

Fuente: EPSAR, 2017.

Gráfico 3.3.5 Indicadores económicos de la EPSAR en 2015 y 2016.



Fuente: EPSAR, 2017.

Por último, volviendo a las demarcaciones hidrológicas, la tabla 3.3.3 resume la cuantificación de los recursos hídricos no convencionales de la demarcación del Júcar para el primer y segundo ciclo de planificación. Para el primero probablemente se sobreestimó la reutilización de aguas residuales urbanas, puesto que se utilizaron estimaciones basadas en la capacidad instalada de las depuradoras de la demarcación y la demanda cercana, pero para el segundo ciclo ya se utilizaron datos reales. Esto deja un dato de 121,5 hm^3/año esperado para el periodo 2015-2012, aunque no permite diferenciar entre tipos de reutilización ni controlar por sistema de explotación y diferenciar los pertenecientes a la provincia de Alicante.

Tabla 3.3.3 Recursos hídricos no convencionales en la demarcación hidrológica del Júcar.

Recurso hídrico	2009-2015 (hm^3)	2015-2021 (hm^3)	Variación (%)
Desalación de aguas marinas	3,5	3,5	0
Reutilización de aguas residuales urbanas	145,8	121,5	-16,7

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Júcar (CHJ, 2015).

Por otra parte, para la demarcación hidrológica del Segura el volumen de aguas residuales urbanas reutilizadas, tanto de manera directa como indirecta, asciende a 144 hm^3/año para todo el periodo 2009-2021, de nuevo sin poder diferenciar por sistema de explotación ni por tipo de reutilización.

Tabla 3.3.4 Recursos hídricos no convencionales en la demarcación hidrológica del Segura.

Recurso hídrico	2009-2015 (hm^3)	2015-2021 (hm^3)	Variación (%)
Desalación de aguas marinas	139	158	14
Reutilización de aguas residuales urbanas	144	144	0

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021 (CHS, 2015a).

4. Costes y beneficios ambientales de la depuración de aguas residuales

Los procesos de depuración de aguas residuales tienen un efecto positivo y necesario debido a la escasez de recursos hídricos que se sufre en muchas partes del mundo. La función principal de estos procesos consiste en aumentar la disponibilidad de recursos hídricos mediante el tratamiento de aguas residuales, que poseen una carga contaminante elevada, de modo que puedan verterse al medio natural con un menor impacto ambiental o reutilizarse en otras actividades gracias al incremento de su calidad. No obstante, este es un proceso que también cuenta con un aspecto negativo y no solamente en términos de coste económico, sino también mediante el impacto de la actividad sobre el medio natural.

4.1 Costes ambientales de la depuración de aguas residuales

La definición del impacto sobre el medio natural viene determinada por la Directiva Marco del Agua, que relaciona las actividades necesarias para la depuración y reutilización de aguas con el impacto que generan, es decir, en la medida que estas actividades influyen en el estado de los ecosistemas son generadoras de costes. Esta directiva, en la aplicación del principio de "quien contamina paga", establece el principio de recuperación de costes, tanto de los costes económicos como de los ambientales (EU, 2000). Por tanto, el impacto o coste ambiental se podría definir como la externalidad producida por la realización de una actividad.

Un problema fundamental de los costes ambientales es la gran dificultad para calcularlos con precisión, puesto que es muy complicado medir el valor que tienen los recursos naturales debido a que este se divide entre valor económico, ambiental, social y cultural (Torregrosa, 2017). Además, las formas que el impacto ambiental puede adoptar son muy variadas y pueden afectar de manera diferente a cada tipo de valor. Por ejemplo, Yongguan, Seip y Vennemo (2001) analizaron el coste ambiental de la polución de las

aguas en la ciudad china de Chongqing, encontrando que dicha polución tiene efectos significativos sobre la salud, las plantas, los peces, los animales y la industria. Con estos efectos tan variados, los autores necesitaron diversos indicadores y técnicas, lo que es una muestra de la dificultad de estimar los costes ambientales de los proyectos relacionados con el agua.

El impacto ambiental puede combatirse de diferentes maneras comenzando por la prevención del daño, pero si ya se ha producido, lo que puede hacerse es tratar de mitigarlo o incluso de eliminarlo. Cualquiera de estas acciones tiene unos costes económicos asociados que debe pagar el causante del daño, por lo que los costes estarían internalizados, pero si son las administraciones públicas las que están asumiendo los costes de combatir el impacto ambiental, éstas deberán trasladarlos al causante, que en el caso de la depuración y reutilización de aguas se considera que los causantes son todos los usuarios.

Aunque las medidas anteriores contribuyen a aminorar el impacto ambiental, pueden aparecer problemas como la falta de capacidad para corregir el impacto, si este es irreversible, la imposibilidad de solucionarlo por completo o el excesivo coste económico en relación con el daño que se va a evitar. En estas situaciones, la valoración económica del impacto ambiental por medio del coste que tiene solucionar dicho daño no es demasiado adecuada y sería más conveniente tener en cuenta algún tipo de medida biofísica del impacto.

Por otra parte, la financiación de todas estas medidas, consideradas como el impacto ambiental, están íntimamente relacionadas con la política de precios del agua que se lleve a cabo. Esta política presenta un triple carácter (Villar, 2016): 1) Retribuir a los factores de producción que han participado en el proceso, 2) indicar mediante el precio el grado de escasez relativa del bien y 3) herramienta complementaria a otras políticas como puede ser la protección del medio natural. Por tanto, la política de precios del agua es muy relevante y afecta a aspectos más allá de los recursos hídricos, siendo clave en un uso eficiente de éstos. Además, la política de precios se puede utilizar, según la Directiva Marco del Agua, como un redistribuidor de la renta, de modo que también se podría perseguir un objetivo de equidad, pero a riesgo de sufrir una pérdida de eficiencia.

En la Comunidad Valenciana la presión sobre los recursos hídricos es muy elevada y esto tiene un impacto ambiental, por tanto, se hace necesario potenciar los recursos hídricos

no convencionales para aumentar los recursos disponibles y aliviar las tensiones. Además, los vertidos de aguas sin tratar tienen un impacto ambiental considerable derivado del deterioro de la calidad de las aguas por los agentes contaminantes presentes en las aguas residuales. Estos dos aspectos son clave en la depuración de aguas residuales, una actividad que responde tanto a la escasez de recursos como al impacto ambiental que la actividad humana tradicional ha tenido sobre el medio natural, en este caso sobre los recursos hídricos y los ecosistemas que dependen de estos.

A pesar de que una de las funciones de la depuración de aguas es mitigar el impacto ambiental, ésta tiene su propio impacto sobre el medio. Este impacto se deriva fundamentalmente del coste energético que tiene realizar la depuración de las aguas y de la contaminación producida en la construcción y en el funcionamiento de las instalaciones para realizar dicha depuración. CONAMA (2015) destaca la importancia de cualquier esfuerzo en materia de disminuir los costes energéticos de la depuración de aguas, pues estos son una tercera parte de los costes totales de la depuración de Aigües de Barcelona, esfuerzo que se dividiría en aumentar la generación de energía en las instalaciones de depuración buscando la autosuficiencia energética, reduciendo así el efecto invernadero, realizar una mejor gestión de la energía y aprovechar de la mejor manera posible los residuos industriales generados por el proceso de depuración de aguas, es decir, avanzar en la reutilización de aguas y dando uso a todos los lodos producidos, contribuyendo a un uso más eficiente de los recursos energéticos.

En respuesta al impacto que la explotación de las aguas por parte del ser humano tiene sobre el medio natural, y a modo de internalización del coste que supone combatirlo, la Generalitat Valenciana exige un tributo denominado Canon de Saneamiento, establecido mediante la Ley 2/1992, de 26 de marzo, de Saneamiento de las Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana y se exige desde 1993. Puesto que se considera que los causantes de la contaminación son todos los usuarios de las aguas, este tributo se exige a todos ellos mediante su inclusión en la factura del agua. El Canon de Saneamiento grava la producción de aguas residuales observada desde el consumo de agua industrial y doméstico y su exacción afecta tanto a los suministros de red como a los propios.

Como el Canon de Saneamiento tiene el objetivo de mejorar el estado del medio natural de la Comunidad Valenciana es un impuesto ecológico, utilizándose su recaudación para financiar los gastos de gestión y explotación de las instalaciones de evacuación,

tratamiento y depuración de aguas residuales de titularidad pública o incluso las obras de construcción de estas instalaciones.

Esto implica que la internalización del impacto ambiental se realiza mediante un tributo exigido a todos los usuarios y será el uso que se dé a dicho tributo lo que indique si se está combatiendo el impacto sobre el medio natural de la depuración de aguas. No obstante, se debe considerar que la Directiva Marco del Agua no busca establecer un ranking en cuanto a recuperación de costes, sino que el objetivo es dotar de instrumentos para que la política hídrica pueda alcanzar sus propósitos, siendo conseguir un buen estado de las masas de agua una de las metas principales (Villar, 2016).

4.2 Beneficio ambiental de la depuración de aguas

Además de un coste ambiental, la depuración de aguas tiene un beneficio ambiental derivado de la reducción de agentes contaminantes de las aguas residuales urbanas, de una menor presión sobre los recursos hídricos motivada por una mayor disponibilidad de estos y de una menor necesidad de generación de energía por la producción durante el proceso de depuración de lodos con valor energético.

La presencia en las aguas de los agentes contaminantes tiene un efecto negativo sobre el estado de las masas de agua, efecto que la depuración de aguas contribuye a eliminar. Estos agentes consisten en la presencia en el agua de sólidos en suspensión, nitrógeno, fósforo y materia orgánica, los cuales tienen un efecto relativo en función de la cantidad de estos que contenga el agua.

Del mismo modo que para el coste ambiental de la depuración de aguas, estos beneficios son muy complicados de cuantificar al consistir en una externalidad positiva. No obstante, con el objetivo de incluir estos beneficios ambientales en los análisis del mismo modo que los costes, se intenta aproximar su valor económico. Molinos, Hernández y Sala (2010) calculan el precio sombra de los cuatro agentes contaminantes anteriores como método de valoración del beneficio ambiental de su eliminación, obteniendo unos valores que serían aproximadamente el precio de los agentes en un mercado perfectamente competitivo. Como resultado obtiene, por supuesto, precios negativos, pues al ser agentes contaminantes su efecto es perjudicial y para adquirirlo se exigiría una compensación, de modo que se dispondría de una valoración económica, medida en euros por m^3, del

beneficio ambiental que estaría provocando la reducción de agentes contaminantes de las aguas residuales.

Por tanto, para los análisis de proyectos relacionados con la depuración de aguas no se deben tener en cuenta solamente los costes y beneficios económicos, sino también los ambientales, de modo que el análisis sea completo y se puedan contemplar correctamente los objetivos de eficiencia en el uso de recursos hídricos y de recuperación de costes.

Un detalle importante que conviene tener en cuenta sobre estos costes y beneficios es que la Directiva Marco del Agua contempla la posibilidad de eliminar el objetivo ambiental si cumplirlo exige un coste desproporcionado para el beneficio que supone alcanzarlo, lo que pone aún más énfasis en la necesidad de realizar los análisis y las actuaciones de la manera más eficiente posible. Además, se deben plantear medidas que vayan a ser bien recibidas por el público, es decir, en los análisis y procesos de toma de decisiones se deben incluir las preferencias públicas (Alcon *et al*, 2012).

5. Costes económicos

El coste económico de la depuración de aguas es un aspecto fundamental porque la actividad se realiza mediante concesiones a empresas privadas, que no se ofrecerán para realizarla si no existe un beneficio económico, por lo que la minimización de costes es clave para atraer empresas que gestionen la depuración. Además, la minimización de costes va asociada a un uso más eficiente de los recursos, por lo que consiguiendo que los costes sean más bajos se puede conseguir que el impacto ambiental sea más reducido.

La depuración de aguas, a menudo relacionada con su reutilización directa, requiere de diversos componentes para poder realizarse. En primer lugar, se deben captar las aguas residuales que se van a depurar y después se necesitan unas instalaciones adecuadas para su tratamiento, almacenamiento y transporte al punto de destino, lo que implica unos costes de construcción y mantenimiento importantes. Cuando el agua tratada se va a destinar a reutilización directa, la existencia de una red de transporte del agua regenerada hasta el lugar de reutilización es fundamental y costosa, de modo que su implantación se realiza de forma progresiva y proporcionando suministro en función de dónde se necesite más agua (Mujeriego, 2005).

Otro punto relevante a la hora de hablar de los costes de la depuración de aguas es el tratamiento que se le da a dichas aguas, puesto que a mayor calidad de agua se requiera, más complejo y costoso será el tratamiento y tecnología utilizados, pero también se aprovecharán mejor las ventajas de la depuración, especialmente si con posterioridad se persigue la reutilización de las aguas tratadas. Por otra parte, las características iniciales del agua recibida por las plantas depuradoras también inciden sobre los costes del proceso (Prats y Melgarejo, 2006).

También se tiene que considerar que los costes se pueden dividir en costes de implantación y de explotación, los primeros están relacionados con la implantación de las instalaciones necesarias y los segundos con todos los costes asociados a la gestión de las aguas tratadas en dichas instalaciones.

Puesto que el objetivo de este trabajo consiste en determinar si el impacto ambiental de la depuración de aguas está internalizado en la estructura de costes, es decir, averiguar si se está realizando un esfuerzo por combatir los daños ambientales causados por la actividad en sí, hay que analizar dicha estructura de costes en busca de alguna partida que muestre dicho esfuerzo.

5.1. Costes de implantación

Los costes de implantación de una instalación depuradora de aguas varían considerablemente en función de diversas características:

1. La calidad del agua inicial, pues a mejor sea esta menor tendrá que ser el esfuerzo para tratarla y, por tanto, menos costosas las instalaciones.
2. Volumen de agua a tratar, debido a que un mayor volumen requerirá de una mayor y más costosa instalación.
3. Objetivo perseguido, ya que, aunque el volumen de aguas tratado inicialmente puede ser reducido, si se busca que en el futuro la actividad sea más elevada las instalaciones tendrán que ser mayores.
4. Tipo de tratamiento que se vaya a realizar y calidad del agua. El destino posterior de las aguas determina la calidad del agua que se exige, lo que a su vez define el proceso de tratamiento al que se van a someter las aguas, siendo el coste variable y creciente a medida que el agua obtenida sea de mayor calidad (Prats y Melgarejo, 2006).

5. Ubicación, puesto que el coste de instalación de la infraestructura de transporte de las aguas es muy alto, de modo que una adecuada ubicación podría minimizar estos costes.

5.2. Costes de explotación

Los costes de explotación se pueden dividir, a su vez, en costes fijos y costes variables que dependen de la cantidad de aguas tratada en las instalaciones.

Los costes fijos, que son independientes del volumen de aguas tratado se reducen a tres grupos diferentes:

1. Costes de personal, que son los referidos a todos los costes asociados a la contratación de trabajadores para que la actividad se pueda llevar a cabo.
2. Costes de mantenimiento, que son los relacionados a asegurar el buen estado de las instalaciones en su conjunto, de modo que estas se mantengan en buen estado y puedan cumplir con su función.
3. Costes varios, en los que se incluyen los demás costes relacionados con la actividad de depuración, que serían costes de seguimiento y control y costes relacionados con la seguridad, la salud y con la administración necesaria.

Por otra parte, los costes variables dependen de la cantidad de aguas a tratar, de los residuos generados o del cuidado que se les da a determinados componentes. Se pueden agrupar en cuatro grupos:

1. Costes energéticos, que son los más altos de todos y se dividen entre una cuota fija de potencia y una cuota variable que dependerá de la energía utilizada. A mayor sea el volumen de aguas tratado o la calidad del agua necesaria, la cantidad de energía será mayor y también el coste económico.
2. Costes de los reactivos químicos necesarios, que serán mayores a medida que la cantidad de agua tratada sea mayor, puesto que implica una cantidad más grande de contaminantes.
3. Costes de tratamiento y evacuación de subproductos generados, concretamente los lodos que surgen del proceso de depuración de aguas, que son transportados desde las instalaciones de depuración en las que se generan hasta el lugar donde se reutilizan principalmente para usos agrícolas.

4. Coste de reposición de membranas, que son parte de tratamientos terciarios y tienen un desgaste variable en función de la cantidad de aguas que tratan y de la limpieza que se les realice, influyendo tanto la calidad de los productos utilizados para la limpieza como la manera de realizarla. Además, la forma de realizar la limpieza incide sobre los consumos energéticos y la frecuencia de reposición de membranas, influyendo sobre el resto de los gastos (Mas, 2016).

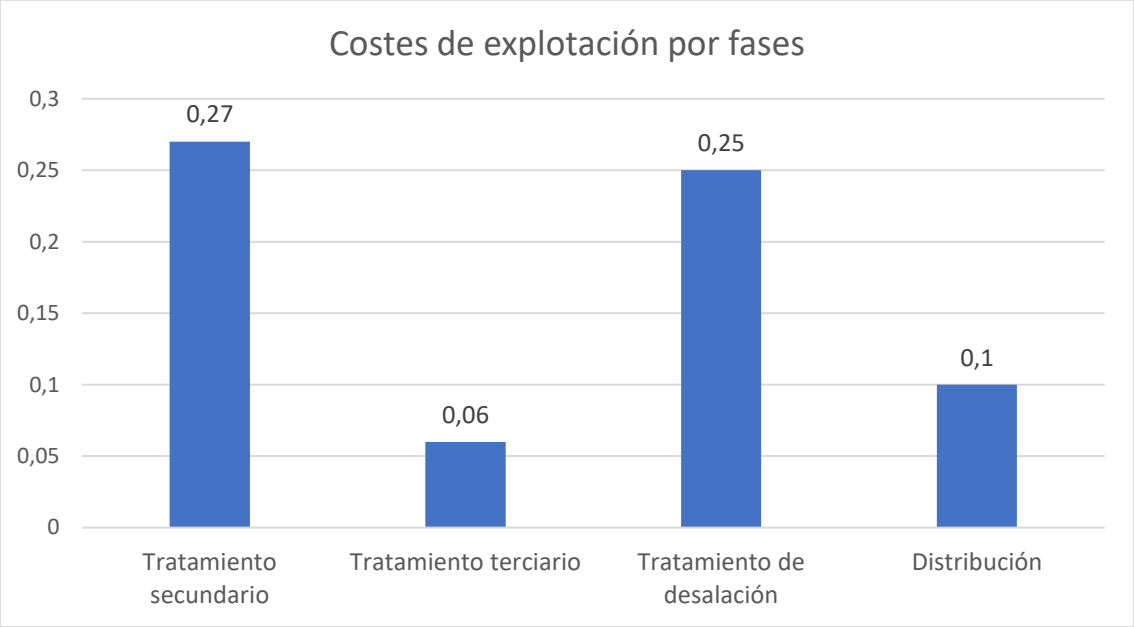
5.3. Costes totales

Determinar los costes totales de la depuración de aguas no pueden generalizarse debido a las grandes diferencias que pueden surgir en base a los determinantes, tanto de implantación como de explotación, que se han comentado anteriormente, es decir, como los costes están condicionados por los tratamientos que se realizan en una instalación de depuración, el origen de las aguas residuales y el uso que se les vaya a dar a estas tras su tratamiento, lo único que puede hacerse es realizar estimaciones de costes basadas en la experiencia de empresas del sector, aunque sí que se puede distinguir entre los costes de implantación y de explotación.

En la Comunidad Valenciana, los datos más recientes son los obtenidos por Comos (2014) durante el año 2012, según los cuales los costes de explotación podían alcanzar los 0,68€/m^3, que se dividirían en 0,27 €/m^3 del tratamiento secundario, a los que se sumarían 0,06€/m^3 del tratamiento terciario en caso de realizarse, 0,25€/m^3 que se corresponderían con tratamientos avanzados orientados a la desalación de las aguas, concretamente mediante ósmosis inversa y ultrafiltración y el 0,1€/m^3 restante surge de los costes de llevar a cabo la distribución de las aguas tratadas para su reutilización.

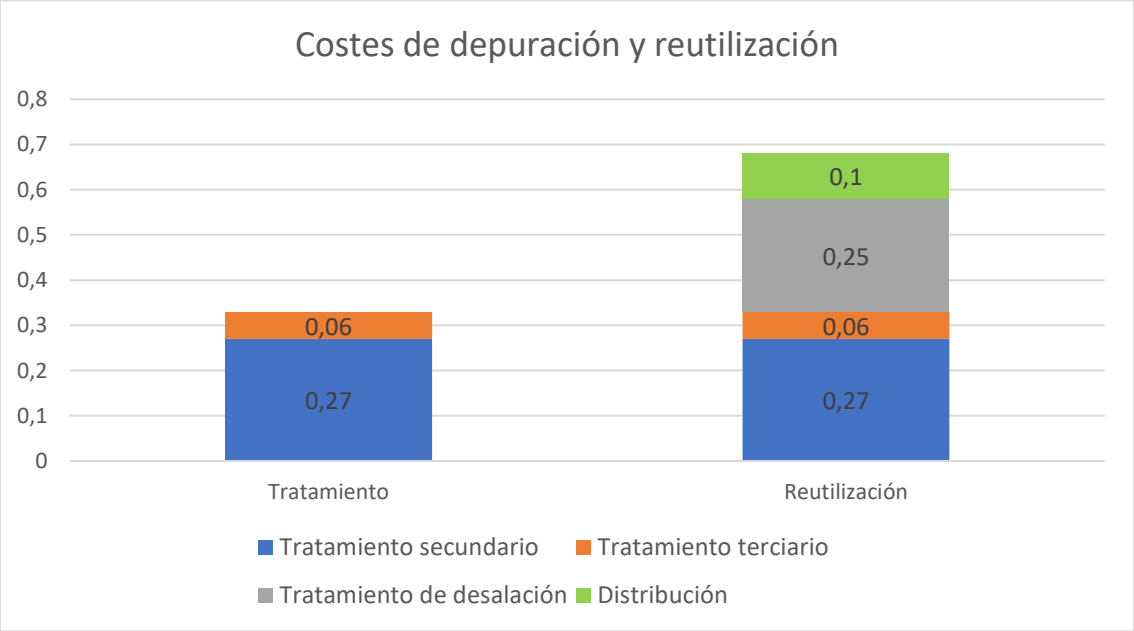
Los gráficos 5.3.1 y el 5.3.2 muestran la misma información de dos maneras diferentes, pudiéndose ver con facilidad las diferencias entre los costes de las diferentes fases de la depuración y reutilización de aguas. El coste en sí de la depuración de aguas es de 0,33€/m^3 correspondientes a los tratamientos secundarios y terciarios, mientras que el coste aumenta a 0,68€/m^3 por los tratamientos de desalación y los costes de distribución.

Gráfico 5.3.1. Costes de explotación de la depuración y reutilización de aguas tratadas en la Comunidad Valenciana en €/m^3 para el año 2012.



Fuente: Comos, 2014.

Gráfico 5.3.2 Costes de explotación de la depuración y reutilización, por separado, de aguas tratadas en la Comunidad Valenciana en €/m^3 para el año 2012.



Fuente: Comos, 2014.

5.4. Precio del agua y principio de recuperación de costes

En España no existe un mercado para el agua regenerada, por lo que no se puede obtener un precio por esta vía y se asume que el precio máximo de venta debe ser igual al coste

por metro cúbico, garantizándose la recuperación de costes que la Directiva Marco del Agua establece, por lo que tenerla en cuenta y perseguirla son dos aspectos obligatorios. Esta recuperación de costes no implica solamente la autosuficiencia económica ingresando lo suficiente para compensar los gastos de implementación y explotación, sino también los costes ambientales mediante el principio de quien contamina paga (EU, 2000). El objetivo que persigue la Directiva Marco del Agua con esto es que los Estados Miembros de la Unión Europea diseñen políticas de precios del agua que proporcione incentivos para que los usuarios hagan un uso más eficiente de los recursos, de modo que los costes económicos y la contaminación serán más reducidos gracias a la mejora en dicha eficiencia.

Las aguas regeneradas deben incluirse en una planificación integral de los recursos hídricos que tengan en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales (Melgarejo, 2009). En esta planificación se incluye la elaboración de una política de precios adecuada, pues si el precio del agua regenerada es inferior a sus costes, aunque se estimulará su demanda, surgirá la obligación de encontrar nuevas fuentes de financiación, mientras que si es superior se estará desincentivando su uso respecto al uso de agua potable. Por tanto, una política de precios adecuada podría tener un impacto importante sobre la reutilización de aguas regeneradas, lo que supondría una reducción de la presión sobre los recursos, y sobre la viabilidad económica de la actividad de depuración y reutilización.

La aplicación estricta del principio de recuperación de costes implicaría que muchos de los proyectos de depuración y reutilización de aguas no se llevarían a cabo, por este motivo es tan importante la elaboración de una política de precios que incentive la utilización del agua regenerada, sin incrementar el volumen total de agua consumida, y la haga más competitiva, haciendo que la actividad pueda ser sostenible por sí misma en lugar de por la intervención del sector público. Esta nueva política de precios debe formar parte de la ya mencionada gestión integral de los recursos hídricos, es decir, debe coordinarse con el resto de medidas de política hídrica (Molinos, Hernández y Sala, 2013).

Melgarejo (2009) estudia los costes de la depuración y reutilización de aguas y de sus precios, encontrando una gran diferencia entre el precio que los usuarios pagan por el agua, que no tiene en cuenta ni el coste del agua ni su escasez, y el coste que esta tiene, concluyendo que debería subvencionarse el agua regenerada para extender su uso o

incrementar los precios para los usos doméstico y agrícola. El objetivo consistiría en compartir entre los usuarios los costes de la depuración, regeneración y gestión de las aguas. Actualmente, con el precio del agua regenerada a un nivel considerablemente inferior a su coste de producción, es el sector público el que está apoyando la actividad mediante ayudas, además de haber establecido el Canon de Saneamiento, que implica un pago en forma de tributo que contribuye a la financiación de la depuración y reutilización de aguas. Dicho tributo es asumido por parte de todos los usuarios de las aguas, de modo que se realiza cierto reparto de los costes de esta actividad.

También se debe tener en cuenta que para la construcción de una EDAR es muy importante conocer el precio del agua regenerada, pues realizar la actividad de depuración y reutilización es un proceso costoso que debe ser compensado y como la gestión de estas se deja en manos privadas, la obtención de beneficios es fundamental para atraer empresas interesadas en asumir la gestión.

Por tanto, la política de precios del agua es un factor fundamental en la planificación de los recursos hídricos, debiendo tener siempre en cuenta el principio de recuperación de costes. Para analizar dicha recuperación de costes se puede recurrir a los planes hidrológicos de las diferentes demarcaciones hidrográficas, pues la Directiva Marco del Agua establece que dichos planes deben informar tanto de las medidas llevadas a cabo como de la situación de la recuperación de costes.

Como en la provincia de Alicante están presentes dos demarcaciones hidrográficas, se estudiará la situación de la recuperación de costes de ambas. Para la demarcación hidrográfica del Júcar, la tabla 5.4.1 muestra el índice de recuperación de costes totales de los servicios asociados al agua como promedio anual para el periodo 2004-2013. En esta tabla se pueden ver los diferentes valores que tiene la recuperación de costes en función del servicio prestado, que alcanzan el 100% en algunos valores, pero siendo del 0% para la reutilización y desalación, es decir, el coste en que se incurre para reutilizar el agua una vez depurada no está siendo asumido por los usuarios, del mismo modo que ocurre con la desalación, aunque en este segundo caso tampoco se está asumiendo el coste del proceso. En cuanto al proceso de recogida de aguas residuales y su posterior depuración, el índice de recuperación de costes es del 83%, pero en este punto no se incluye el tratamiento terciario al que se someten las aguas depuradas para su reutilización. Por tanto, para la depuración y reutilización de aguas residuales el índice de recuperación de costes es bajo, pues solamente existe, y no alcanza la recuperación total,

de cara a la recogida y depuración de aguas, dejando de lado el proceso posterior necesario para su reutilización.

Tabla 5.4.1 Índice de recuperación de costes totales de los servicios del agua para el periodo 2004-2013 en la demarcación hidrográfica del Júcar.

Servicio del agua	Costes financieros (mill€/año)	Ingresos por instrumentos de RC (mill€/año)	Nivel de recuperación de los costes financieros totales (%)
Abastecimiento de agua superficial en alta	14,3	6,4	45%
Abastecimiento de agua subterránea en alta	60,3	60,3	100%
Distribución de agua para riego en baja	190,6	123,1	65%
Abastecimiento urbano en baja	320,1	295,6	92%
Autoservicios	288,4	288,4	100%
Reutilización	17,6	0,0	0%
Desalación	25,6	0,0	0%
Recogida y depuración en redes públicas	258,1	215,1	83%
Total	1174,9	989,0	84%

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Júcar (CHJ, 2015).

En la Comunidad Valenciana, de acuerdo con el principio de quien contamina paga, se establece el Canon de Saneamiento como un tributo para alcanzar la recuperación de costes en materia de depuración de aguas, tributo que todos los usuarios deben pagar y que se calcula en función de la cantidad de agua utilizada.

Esta situación deja patente de aplicar medidas adicionales para alcanzar la recuperación de costes, que está lejos de alcanzarse para las actividades de depuración y reutilización de aguas, lo que supone una dificultad de cara a alcanzar un uso sostenible y eficiente de las aguas. Además, cobra importancia la necesidad de realizar una planificación integral de los recursos hídricos, puesto que el total de servicios del agua alcanzan, para el periodo 2004-2013, el 84% de recuperación de costes, alcanzando el 100% en tan sólo 2 servicios de 8, es decir, se deben establecer nuevas medidas que contribuyan a progresar en la recuperación de costes de 6 servicios del agua.

Si también se considera la evolución de la recuperación de costes de los servicios de recogida y depuración de aguas residuales desde 2004 a 2013, la cual puede verse en la tabla 5.4.2, es más clara la necesidad de llevar a cabo nuevas medidas, ya que del valor inicial en 2004 del 86% de recuperación de costes, finaliza el periodo con un valor del

80% por un mayor crecimiento de los costes que de los ingresos. Por tanto, las políticas en materia de recogida y depuración de aguas tienen que revertir la tendencia de la recuperación de costes y las medidas en cuanto a reutilización deben comenzar a considerar dicha recuperación.

Tabla 5.4.2 Costes e ingresos totales e índice de recuperación de costes del servicio de recogida y depuración en redes públicas en el periodo 2004-2013 en millones de euros por año.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Total costes	197,4	210,3	237,1	274,0	276,3	277,4	281,3	278,7	274,8	273,1
Total ingresos	169,7	179,6	203,6	236,0	233,7	231,4	231,8	226,5	221,1	218,1
Porcentaje de recuperación de costes	86%	85%	86%	86%	85%	83%	82%	81%	80%	80%

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Júcar (CHJ, 2015).

En segundo lugar, la tabla 5.4.3 muestra la situación de la recuperación de los costes financieros para la demarcación hidrográfica del Segura en el año 2012. El dato es solamente para un año concreto, pero tiene la ventaja de diferenciar la recuperación de costes en función de si el uso del agua es urbano, agrario o industrial. Para esta demarcación el dato de los servicios en su conjunto es del 83%, similar al de la demarcación del Júcar, pero observando los servicios individualmente las diferencias son importantes. En este caso, la desalación alcanza el 92% y la reutilización el 8% de recuperación de costes, aunque este segundo valor sigue siendo muy bajo, mientras que para la recogida y depuración de aguas se diferencia en función de si el proceso se hace en redes públicas o fuera de ellas, alcanzando el 100% de recuperación de costes cuando es fuera de ellas y el 81% cuando es dentro. Por tipo de consumidor, destaca que el agrario tiene una recuperación de costes menor, algo que es particularmente importante en la distribución de agua para riego, que es solamente para el consumidor agrario y la recuperación de costes es del 47%.

Tabla 5.4.3 Índice de recuperación de los costes totales financieros de los servicios del agua para el año 2012 en la demarcación hidrográfica del Segura.

	Índice de recuperación de costes			
Servicios del agua	Urbano	Agrario	Industrial	Total
Servicios de agua superficial en alta	99%	77%	sd	90%
Extracción y suministro de agua subterránea (no autoservicios)	100%	sd	sd	100%
Distribución de agua para riego		47%		47%

Ciclo urbano (tratamiento y distribución de agua potable)	95%	sd	62%	89%
Autoservicios	sd	100%	100%	100%
Reutilización	sd	5%	53%	8%
Desalación	113%	77%	113%	92%
Recogida y depuración fuera de redes públicas	100%	sd	100%	100%
Recogida y depuración en redes públicas	80%		82%	81%
Total	90%	75%	89%	83%

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021 (CHS, 2015a).

Con lo anterior, de nuevo es clara la necesidad de ejecutar nuevas medidas en materia de recuperación de costes financieros, sin embargo, a esto hay que añadir los costes ambientales que la Confederación Hidrográfica del Segura ha calculado e incorporado a la misma tabla, lo que puede verse en la tabla 5.4.4. Al incluir los costes ambientales, la recuperación de costes baja del 83% anterior al 57%, una disminución importante que afecta a todos los servicios del agua. En cuanto a la reutilización de aguas, la recuperación de costes pasa del 8% al 3%, lo que supone una reducción de más del 50%, mientras que para la recogida y depuración de aguas la disminución de 35 y 39 puntos porcentuales según si se realiza en redes públicas o fuera de estas, respectivamente. Estas disminuciones, junto con la de autoservicio, son las más intensas de entre todos los servicios debido a la falta de instrumentos legislativos para recuperar unos costes ambientales que son muy elevados para estos servicios (CHS, 2015). Al incorporarse los costes ambientales a la recuperación de costes, se deben calcular los costes ambientales, que la Confederación Hidrográfica del Segura mide como el coste económico de las actuaciones necesarias para alcanzar el buen estado de las masas de agua y mitigar las presiones de los distintos servicios del agua. Los costes ambientales calculados, aunque están considerados, no están totalmente internalizados y queda un coste ambiental pendiente que debe afrontarse de cara al futuro, lo que exigirá un incremento de los ingresos y un uso más eficiente de los recursos hídricos.

Tabla 5.4.4 Índice de recuperación de los costes totales (financieros y ambientales) de los servicios del agua para el año 2012 en la demarcación hidrográfica del Segura.

	Índice de recuperación de costes			
Servicios del agua	Urbano	Agrario	Industrial	Total
Servicios de agua superficial en alta	96%	53%	sd	75%
Extracción y suministro de agua subterránea (no autoservicios)	70%	sd	sd	70%

Distribución de agua para riego		41%		41%
Ciclo urbano (tratamiento y distribución de agua potable)	85%	sd	60%	81%
Autoservicios	sd	41%	100%	42%
Reutilización	sd	3%	53%	3%
Desalación	113%	77%	113%	92%
Recogida y depuración fuera de redes públicas	61%	sd	61%	61%
Recogida y depuración en redes públicas	46%		47%	46%
Total	70%	45%	57%	57%

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021 (CHS, 2015a).

La Confederación Hidrográfica del Júcar no incorpora los costes ambientales a la recuperación de costes, sino solamente los financieros, pero sí que reconoce la importancia que puede alcanzar el impacto ambiental, por medio de la contaminación, de la recogida y depuración de aguas residuales en redes públicas, considerando como medida principal para combatir el impacto la construcción de instalaciones de depuración.

Con todo esto, se confirma que la aplicación estricta del principio de recuperación de costes haría que la mayoría de los proyectos de servicios del agua no se llevaran a cabo, cosa que se intensifica cuando en los costes se incluyen los de tipo ambiental (Molinos, Hernández y Sala, 2013). No obstante, las necesidades hídricas y de protección del entorno natural y la existencia de diversas ventajas ya expuestas al comienzo del trabajo hacen que existan incentivos para la intervención del sector público, pues los proyectos relacionados con un recurso natural fundamental como el agua pueden generar externalidades positivas e incrementar el bienestar de la población, además de contribuir a la conservación del medio natural.

6. Internalización de costes y Canon de Saneamiento

Una vez expuesto lo que se define como impacto ambiental, así como la necesidad según la Directiva Marco del Agua de que las actividades en materia de política hídrica busquen la recuperación de costes, tanto económicos como ambientales, este apartado se dedicará a analizar si se ha producido una internalización de los costes ambientales de la depuración de aguas.

6.1. Internalización de costes

El objetivo de este trabajo consiste en determinar si el coste ambiental de la depuración de aguas en Alicante está siendo internalizado en la estructura de costes, es decir, si se está afrontando el impacto ambiental negativo de esta actividad mediante gasto en acciones para reducirlo o eliminarlo.

A pesar de lo anterior, no se debe olvidar que la actividad de depurar y reutilizar aguas no se realiza simplemente porque tenga determinadas ventajas, sino que también responde al impacto ambiental que la gestión del ser humano de los recursos hídricos tiene sobre el medio natural, por lo que la depuración y reutilización de aguas es una actividad que refleja la internalización de los costes negativos de una acción humana, pero a la vez está generando otro impacto que se debe considerar. Por tanto, al estudiar la internalización de costes se debe considerar tanto la internalización realizada del impacto del ser humano por su gestión de los recursos hídricos como la del impacto ambiental de la depuración de aguas, que es la forma de internalizar parte del primer impacto, pero genera otro diferente.

Como se ha podido comprobar al estudiar los costes de las EDAR, ninguna de las partidas de costes implica ningún tipo de internalización de costes ambientales, por lo que esta no se está dando de manera privada y la opción que queda es que alguna entidad pública esté afrontando el impacto realizando la internalización de costes, siempre teniendo en cuenta que, como todos los usuarios generamos impacto, todos debemos afrontar el coste.

La Confederación Hidrográfica del Segura, como se ha comentado en el anterior apartado de recuperación de costes, tiene en cuenta tanto los costes ambientales como los financieros a la hora de calcular la recuperación de costes de los distintos servicios del agua, entre ellos la depuración y reutilización de aguas. Estos costes ambientales están medidos como el coste económico que tienen las actividades necesarias para revertirlos, es decir, el gasto necesario para para alcanzar el buen estado de las masas de agua de su demarcación hidrográfica y mitigar las presiones de los distintos servicios del agua (CHS, 2015). Sin embargo, esta recuperación de costes se centra en el estado de los recursos hídricos, sin valorar que la actividad de depurar aguas tiene un impacto más allá de estos recursos.

De cara a la depuración y reutilización de aguas residuales, la tabla 6.1 muestra las principales presiones que están pendientes de mitigar con diversas medidas que todavía

no se han implementado, es decir, una parte importante del impacto de la gestión de los recursos hídricos por parte del ser humano todavía no está internalizada, como ya se podía comprobar en el deterioro del nivel de recuperación de costes de la Confederación Hidrográfica del Segura al sumar los costes ambientales a los financieros.

Como muestra la tabla 6.1, las principales presiones que el medio recibe de la actividad del ser humano, y que son relevantes para la depuración y reutilización de aguas, son la extracción para uso agrícola, un impacto de manera difusa derivado de la contaminación del suelo y de la existencia de instalaciones industriales y un impacto puntual que surge de realizar vertidos industriales, de la contaminación de suelos, de la presencia de instalaciones industriales abandonadas, en caso del abastecimiento urbano de desbordamientos de sistemas de saneamiento en episodios de lluvia y otras fuentes puntuales.

Estos diferentes impactos se distribuyen en función del servicio y uso del agua, así como las medidas mitigadoras del daño, cuyo coste económico se muestra en la última columna. En total, las medidas contempladas en cuanto a la depuración y reutilización de aguas para la mitigación de dichos impactos requerirían de una inversión anual de 87,29 millones de euros, es decir, la Confederación Hidrográfica del Segura considera que la inversión que necesitan para aliviar el impacto ambiental no internalizado de la actividad humana en materia de recursos hídricos supondría invertir, cada año, 87,29 millones de euros más solamente en medidas relacionadas con la depuración y reutilización de aguas, por lo que el gasto teniendo en cuenta todos los servicios del agua será mucho mayor. De esta inversión, 63,18 millones de euros se corresponden con las medidas necesarias para aliviar las presiones derivadas del abastecimiento urbano, que sumándolo a los 13,85 millones de euros de industria y energía hacen un total de 77,03 millones de euros de gasto cada año para mitigar presiones mediante medidas relacionadas con la recogida y depuración de aguas en redes públicas.

Con esto, puesto que el impacto ambiental se calcula como el coste de las medidas necesarias para mitigar el impacto, quedan 87,29 millones de euros de impacto ambiental que no están internalizados mediante la ejecución de medidas en materia de depuración y reutilización de aguas residuales.

Tabla 6.1.1 Principales presiones que mitigarían las medidas pendientes de implantación en materia de depuración y reutilización de aguas y su coste económico anual.

Servicio y uso del agua		Presión	CAE Medidas mitigadoras (M€/año)
Reutilización	Agricultura / ganadería	Extracción / desvío agricultura	7,24
		Fuentes puntuales - Vertidos industriales	
Recogida y depuración fuera de redes públicas	Hogares	Fuentes difusas – Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas	1,25
		Fuentes puntuales – Otras fuentes puntuales	
		Fuentes puntuales - Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas	
		Fuentes puntuales - Vertidos industriales	
	Industria / energía	Fuentes difusas – Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas	1,77
		Fuentes puntuales – Otras fuentes puntuales	
		Fuentes puntuales - Suelos contaminados / Instalaciones industriales abandonadas	
		Fuentes puntuales - Vertidos industriales	
Recogida y depuración en redes públicas	Abastecimiento urbano	Fuentes puntuales - Desbordamientos de sistemas de saneamiento en episodios de lluvia	63,18
		Fuentes puntuales - Vertidos industriales	
		Fuentes puntuales – Vertidos urbanos	
	Industria / energía	Fuentes puntuales - Desbordamientos de sistemas de saneamiento en episodios de lluvia	13,85
		Fuentes puntuales - Vertidos industriales	
		Fuentes puntuales – Vertidos urbanos	

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021 (CHS, 2015b).

Aunque haya una parte de impacto ambiental no internalizado, otra sí que lo está, lo que se ve reflejado en que la Confederación Hidrográfica del Segura ha elaborado un programa de medidas mediante el que busca cumplir con sus objetivos medioambientales siguiendo criterios de racionalidad económica y sostenibilidad, aunque este programa no afronte todas las presiones realizadas por la actividad humana. Las diferentes medidas se pueden agrupar en básicas, que son las destinadas a cumplir la legislación existente, complementarias, que son las que buscan cumplir con los objetivos ambientales, o sin categoría, siendo estas últimas medidas no destinadas a mejorar el estado de las masas de agua. El programa se compone de un total de 1033 medidas que alcanzan todos los aspectos del agua.

Tabla 6.1.2 Resumen del programa de medidas de la CHS.

Grupo	Número de medidas
01. Reducción de la contaminación puntual	270
02. Reducción de la contaminación difusa	112
03. Reducción de la presión por extracción	16

04. Mejora de las condiciones morfológicas	114
05. Mejora de las condiciones hidrológicas	23
06. Medidas de conservación y mejora de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos	8
07. Medidas ligadas a impactos	11
09. Medidas específicas de protección de agua potable	1
10. Inventario de emisiones, descargas y pérdidas de sustancias prioritarias	1
11. Gobernanza	239
12. Incremento de recursos	81
13. Medidas de prevención de inundaciones	8
14. Medidas de protección frente a inundaciones	74
15. Medidas de preparación ante inundaciones	17
16. Obras de emergencia para reparación de infraestructuras afectadas por inundaciones	4
19. Medidas para satisfacer otros usos del agua	54
Total	1033

Fuente: Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021 (CHS, 2015a).

El coste de inversión del programa de medidas es de 2467,5 millones de euros que se dividen entre los 1205,5 millones para cumplir con la legislación básica, los 461,6 para alcanzar los objetivos medioambientales y los 800,4 restantes que no están destinados a mejorar el estado de las aguas. Por otra parte, existe un coste total de explotación de 97,8 millones que se divide en los 50,6 millones correspondientes a las medidas básicas, 24,3 a las complementarias y 22,9 a las restantes. Con estos costes, el coste anual equivalente del programa de medidas es de 248.135.866 euros por año, siendo 52.635.265 los destinados a cumplir los objetivos ambientales.

Teniendo en cuenta esto, el dato del coste que no está internalizado en materia de depuración y reutilización de aguas adquiere cierta relevancia, pues asumirlo supondría un incremento del gasto anual de la Confederación Hidrográfica del Segura de 87,29 millones de euros, es decir, cerca de una tercera parte del coste anual equivalente de todo el anterior programa de medidas y algo más de 34 millones más que el coste anual equivalente de las medidas destinadas a cumplir con los objetivos ambientales, por lo que, si bien existe cierta internalización de costes, esta se mantiene bastante alejada de una internalización total y requiere de un esfuerzo mayor.

En todo caso, conviene tener en cuenta que esta internalización de costes no está referida al impacto de la depuración de aguas, sino al impacto general que la gestión de los

recursos hídricos por parte del ser humano tiene sobre el medio, impacto que se está internalizando aplicando medidas en todos los servicios del agua, no sólo en la depuración y reutilización de aguas. Teniendo en cuenta esto último, existe una parte importante del impacto ambiental que se busca mitigar con medidas en otros servicios del agua, las cuales no se han comentado al exceder el objetivo del trabajo, pero que incrementan considerablemente el gasto necesario en que se debe incurrir para mitigar el impacto ambiental, de modo que el coste ambiental que falta por internalizar es grande.

Esta situación pone en evidencia la dificultad del ser humano para internalizar los costes, pues no sólo no es capaz de hacerlo con los costes ambientales de la depuración de aguas, los cuales ni siquiera se tienen en cuenta, sino que tampoco es capaz con los costes ambientales generales, que distan mucho de estar totalmente internalizados. Además, la forma de internalizar estos costes tiene, a su vez, un impacto ambiental, que en el caso de la depuración de aguas está íntimamente relacionado con el coste energético de la actividad, lo que es una muestra de la dificultad de la cuestión. Todo esto utilizando únicamente la información de la Confederación Hidrográfica del Segura, por lo que no se puede considerar un reflejo de la situación general.

6.2. Canon de Saneamiento

Puesto que no existe una internalización de los costes ambientales de la depuración de aguas por parte de las EDAR y de las Confederaciones Hidrográficas, este apartado se dedicará a analizar el Canon de Saneamiento de la Comunidad Valenciana, que como ya se ha comentado es un impuesto ecológico puesto que está destinado a mejorar el estado de las aguas mediante su uso para la financiación de la actividad de depuración de aguas, de modo que se pueda comprobar qué tipo de internalización se produce con este tributo.

La aplicación y administración del Canon de Saneamiento lo realiza la EPSAR, utilizando la recaudación exclusivamente para financiar los gastos de construcción y funcionamiento y explotación de las EDAR. Este tributo se forma mediante la suma de dos componentes, la cuota de consumo y la cuota de servicio, es decir, se paga una cantidad fija de dinero en función de la población de los municipios, en caso de uso doméstico, o en función del calibre del contador, en caso de uso industrial, y también una cantidad variable que depende de la cantidad de agua consumida. La tabla siguiente muestra las cuotas de consumo y de servicio en el ámbito doméstico por tamaño de municipio.

Tabla 6.2.1 Cuota de consumo y cuota de servicio, para el año 2016, del Canon de Saneamiento de la Comunidad Valenciana por tramos de población de los municipios.

Tramos de población de los municipios	Cuota de consumo (€/m^3)	Cuota de servicio (€/año)
500-3000	0,321	32,43
3001-10000	0,376	39,75
10001-50000	0,412	43,81
Más de 50000	0,441	44,83

Fuente: EPSAR, 2017.

Como se puede comprobar, la cuota de servicio es una cantidad anual fija, mientras que la cuota de consumo es una cantidad de euros por metro cúbico de agua consumida, de modo que este tributo tiene la capacidad no sólo de financiar a las EDAR, sino también de desincentivar el consumo de agua excesivo, evitando así el despilfarro y aliviando la presión sobre los recursos hídricos. La cuota de servicio pagada no es demasiado alta teniendo en cuenta que es un pago anual, mientras que la cuota de consumo supondrá un pago mayor a más grande sea el gasto de agua realizado, por lo que es la parte del impuesto que puede tener influencia sobre el comportamiento de las personas.

Por otra parte, el Canon de Saneamiento para usos industriales tiene una cuota de consumo de 0,57€ por metro cúbico de agua consumida, sin variar por tipo o tamaño de industria. Sin embargo, la cuota de servicio, como muestra la tabla 6.2.2, sí que sufre grandes variaciones en función del calibre del contador.

Tabla 6.2.2 Cuota de servicio del año 2016 para usos industriales por calibre del contador.

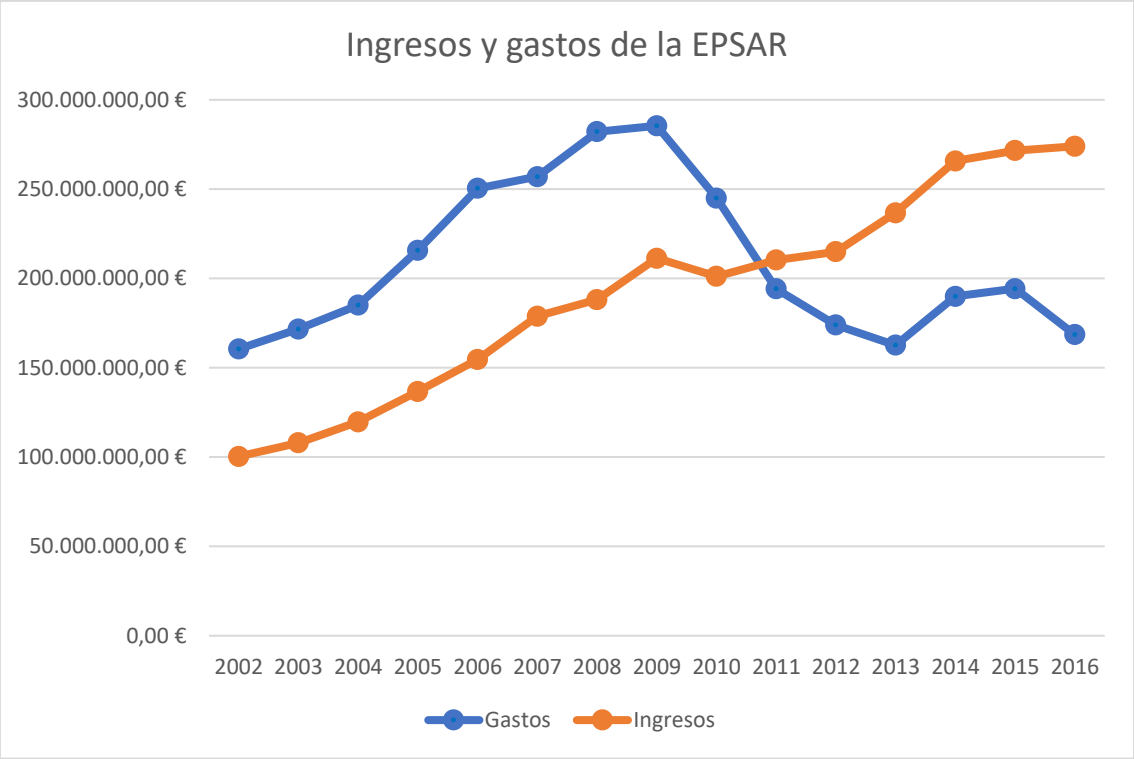
Calibre del contador	Cuota de servicio (€/año)
Hasta 13 mm	116,39
Hasta 15 mm	174,48
Hasta 20 mm	290,65
Hasta 25 mm	470,05
Hasta 30 mm	581,67
Hasta 40 mm	1163,34
Hasta 50 mm	1745,02
Hasta 65 mm	2326,47
Hasta 80mm	2908,34
Más de 80 mm	4071,50

Fuente: EPSAR, 2017.

Del mismo modo que para los usos domésticos, la parte del impuesto que tiene fuerza para fomentar un uso más eficiente de los recursos hídricos es la parte variable en función de la cantidad de agua consumida, pues un mayor consumo estaría asociado a un pago más elevado e incentivaría la eficiencia.

En cuanto a la recaudación que ha supuesto en la práctica este tributo, el gráfico 6.2.1 muestra la evolución de los ingresos y gastos de la EPSAR desde 2002 a 2016.

Gráfico 6.2.1 Evolución de los ingresos y los gastos de la EPSAR desde 2002 hasta 2016.



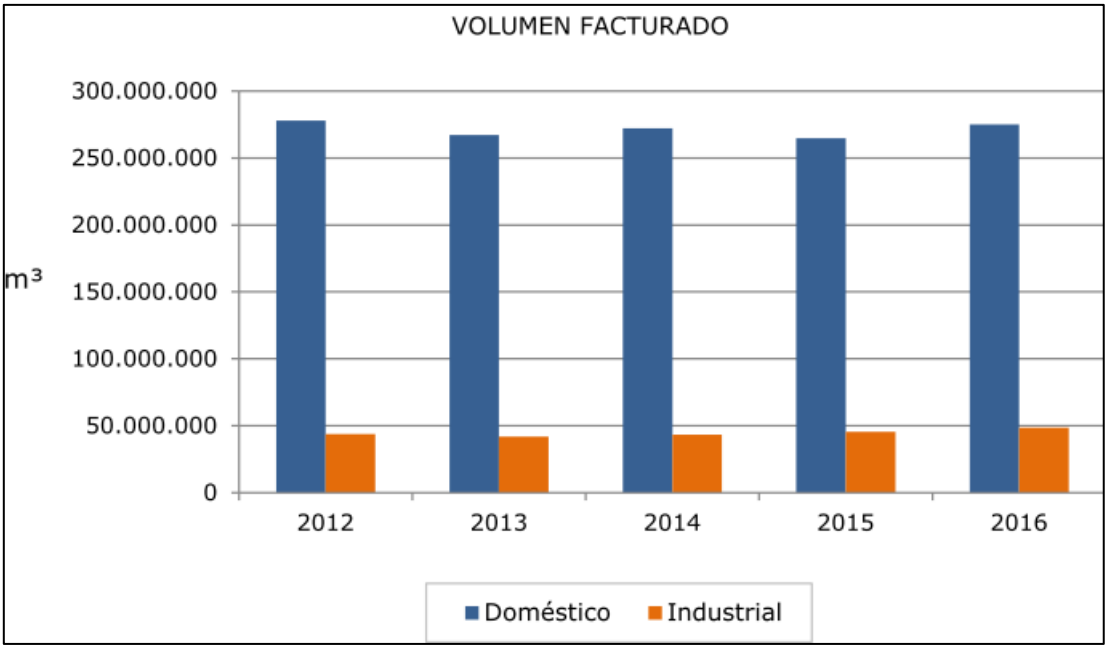
Fuente: Melgarejo y Esteve, 2016 y EPSAR, 2017, Elaboración propia.

Hasta el año 2011, los costes fueron superiores a los ingresos principalmente por los costes de construcción de nuevas instalaciones, las cuales eran fundamentales por la existencia de un déficit de infraestructuras hidráulicas y por la necesidad de adaptar las instalaciones existentes a la normativa europea (Melgarejo y Esteve, 2016). Esta inversión en infraestructuras, que como se podía ver en el gráfico 3.2.1 se vio muy afectada por la crisis económica, descendió con mucha fuerza a partir de 2010 y alcanzó su mínimo en 2013, lo que explica que este año sea el de menores costes totales de la EPSAR, pues el coste de construcción era una parte importante de los costes y se contrajo con fuerza mientras que otros se mantenían estables. Por otra parte, los ingresos se han mantenido crecientes, a excepción del año 2010, llevando a que acabaran superando a los gastos en el año 2011.

La evolución de los ingresos depende de la evolución del Canon de Saneamiento, pero la recaudación de este puede venir tanto de incrementos en el consumo como de aumentos en la cuota a pagar para los usuarios del agua. En los últimos años, el volumen del

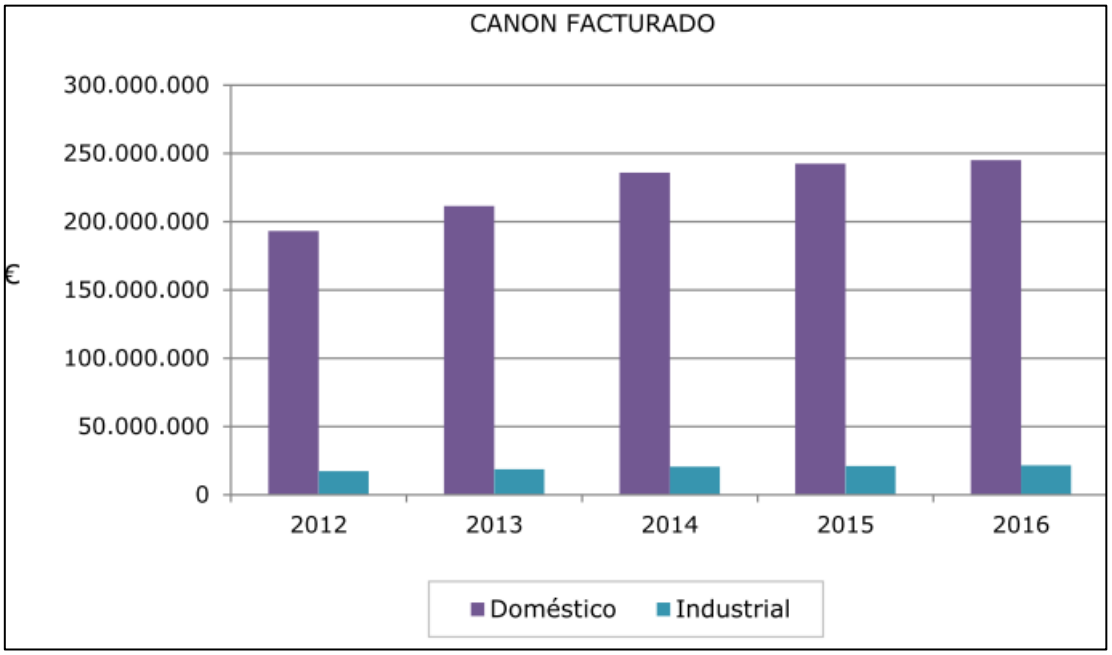
consumo de agua ha sido relativamente estable, sin embargo, los ingresos generados por el Canon de Saneamiento son cada vez más altos.

Gráfico 6.2.2 Volumen de agua facturada por uso de 2012 a 2016.



Fuente: EPSAR, 2017.

Gráfico 6.2.3 Canon de Saneamiento facturado por uso de 2012 a 2016.



Fuente: EPSAR, 2017.

Como muestran los gráficos 6.2.2 y 6.2.3, el Canon de Saneamiento facturado ha crecido en todos los periodos desde 2012 a pesar de que el volumen de aguas facturadas ha disminuido en algunos de esos periodos, por lo que la importancia del aumento de las

tarifas es considerable, a excepción del año 2016, que no se ha producido un incremento de las cuotas de consumo o servicio.

Para ilustrar el crecimiento de las tarifas, las próximas dos tablas mostrarán las tarifas que se aplicaron para el año 2013 que son, en promedio, un 12% mayores que las de 2012.

Tabla 6.2.3 Cuota de consumo y cuota de servicio, para el año 2013, del Canon de Saneamiento de la Comunidad Valenciana por tramos de población de los municipios.

Tramos de población de los municipios	Cuota de consumo (€/m^3)	Cuota de servicio (€/año)
500-3000	0,284	28,63
3001-10000	0,332	35,08
10001-50000	0,364	38,66
Más de 50000	0,389	39,56

Fuente: EPSAR, 2014.

Tabla 6.2.4 Cuota de servicio del año 2013 para usos industriales por calibre del contador.

Calibre del contador	Cuota de servicio (€/año)
Hasta 13 mm	102,73
Hasta 15 mm	154
Hasta 20 mm	256,53
Hasta 25 mm	359,26
Hasta 30 mm	513,39
Hasta 40 mm	1.026,78
Hasta 50 mm	1.540,17
Hasta 65 mm	2.053,37
Hasta 80mm	2.566,94
Más de 80 mm	3.593,55

Fuente: EPSAR, 2014.

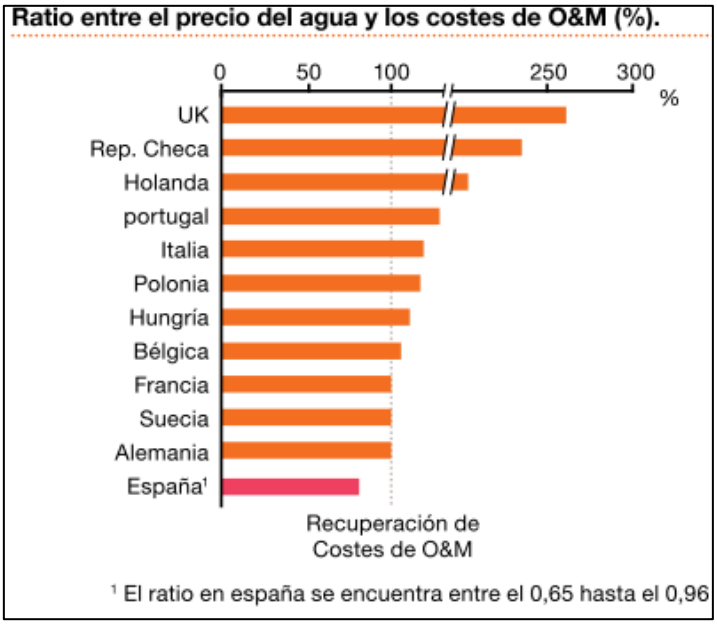
Como se puede observar las diferencias son apreciables, por ejemplo, la cuota de consumo en 2013 para los ciudadanos de un municipio de más de 50.000 habitantes era de 0,389 €/m^3, mientras que en 2016 ha sido de 0,441 €/m^3, por lo que, si también consideramos el crecimiento de 2012 a 2013, el incremento en los últimos años de las cuotas del Canon de Saneamiento es muy importante a la hora de explicar el crecimiento de los ingresos que ha generado este tributo.

El Canon de Saneamiento es de vital importancia puesto que supone una gran vía de financiación para la política hídrica autonómica, lo que implica que mediante este impuesto se puede conseguir que todos los usuarios contribuyan a combatir el impacto ambiental de la actividad de depuración y reutilización de aguas. Además de esto, como el Canon de Saneamiento incrementa el precio del agua, puede suponer un estímulo a la eficiencia en cuanto a su consumo, pero para ello se debe establecer la tarifa adecuada.

Aparte del Canon de Saneamiento, que es un impuesto destinado a la financiación de la actividad de depuración y reutilización, el precio del agua es de gran relevancia, lo que convierte la política de precios en un aspecto clave en la gestión de los recursos hídricos. La importancia del precio no solamente surge de su posible utilización como método para financiar la política hídrica, sino que, como el Canon de Saneamiento, puede contribuir al uso eficiente de un recurso escaso como es el agua.

En el anterior apartado de recuperación de costes en cuanto a depuración y reutilización ya se podía comprobar que es un objetivo que actualmente está lejos de alcanzarse, todavía más si se consideran también los costes ambientales. En el resto de España la situación es similar, pero en otros países de Europa es completamente diferente. El gráfico 6.2.4 muestra el grado de recuperación de costes en diversos países europeos para el año 2009, pudiéndose comprobar que en todos ellos se produce la recuperación de los costes económicos de la depuración y reutilización de aguas, incluso en varios casos la ratio entre precio del agua y coste es superior al 100%.

Gráfico 6.2.4 Ratio entre el precio del agua y los costes de depuración.

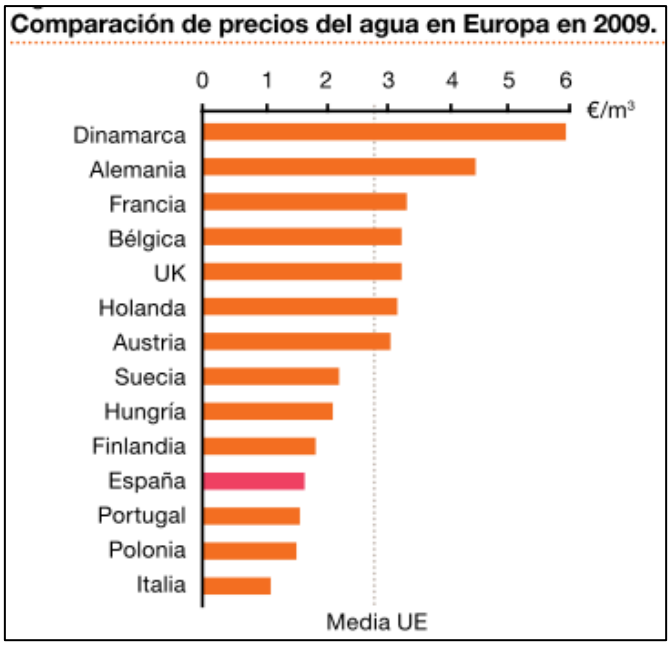


Fuente: PWC, 2014.

Este dato está relacionado con el precio del agua, pues los ingresos que este aporta son de gran relevancia para la financiación de la depuración y reutilización del agua, además del resto de servicios del agua. El gráfico 6.2.5 muestra los precios del agua también para el año 2009, pudiendo observarse que España es uno de los países con el precio más bajo de todos, hecho que contrasta con la situación de los recursos hídricos que existe en

España, ya que lo razonable sería que, dados los problemas de escasez que se dan, el precio fuera más alto para motivar un uso más eficiente de los recursos hídricos y conseguir financiación para realizar una política hídrica sostenible.

Gráfico 6.2.5 Precios del agua en España en comparación con otros países europeos.



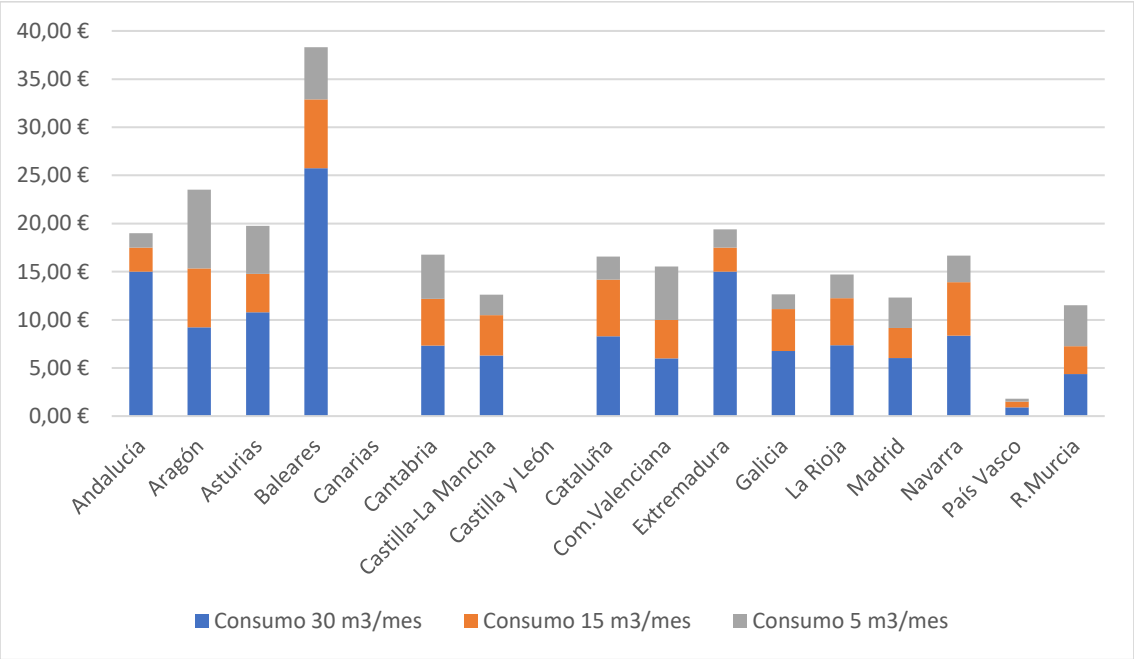
Fuente: PWC, 2014.

Con esta información, unida a la evolución creciente de los precios del agua, sería planteable la posibilidad de incrementar los precios del agua para obtener los beneficios ya comentados antes, los cuales parecen estar presentes en otros países de Europa y podrían ser de gran utilidad en España dada la escasez de recursos hídricos, especialmente en lugares como la Comunidad Valenciana que sufren de un estrés hídrico importante (OECD, 2010). Puesto que el Canon de Saneamiento es una parte importante del precio del agua en la Comunidad Valenciana, es también una parte fundamental de la política hídrica para conseguir la recuperación de costes, combatir el impacto ambiental de la depuración de aguas y alcanzar la sostenibilidad hídrica.

Si comparamos a la Comunidad Valenciana con las demás comunidades autónomas de España, se puede observar en los gráficos 6.2.6 y 6.2.7 que, en 2014, son varias las comunidades que cuentan con un impuesto superior al de la Comunidad Valenciana, por lo que dada la situación de escasez de recursos hídricos de esta última, sería razonable incrementar el Canon de Saneamiento para que se vieran reflejados tanto los costes del proceso de depuración y reutilización de aguas como la situación de escasez, ya que no

se debe olvidar que no se está produciendo la recuperación de costes de los servicios de depuración y reutilización de aguas.

Gráfico 6.2.6 Pago mensual en concepto de Canon de Saneamiento por comunidades autónomas en caso de consumir, para uso doméstico, 30, 15 o 5 metros cúbicos de agua al mes.

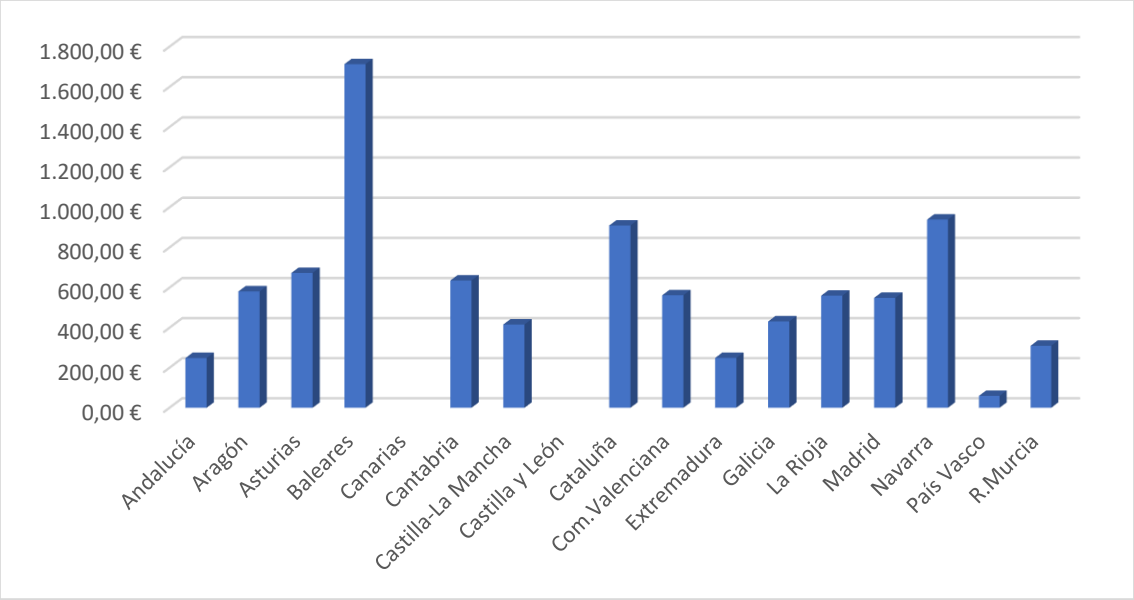


Fuente: Melgarejo y Esteve, 2016.

Tanto si se trata del tributo aplicado al uso doméstico o al industrial, son varias las comunidades que aplican unas cuotas mayores a la valenciana. Para el uso doméstico, omitiendo la no disponibilidad de datos de las Islas Canarias y Castilla y León y el muy reducido del País Vasco, el Canon de Saneamiento de la Comunidad Valenciana se encuentra por debajo del tributo pagado en 8 comunidades autónomas, aunque depende de la cantidad de agua consumida, pues esto es para un consumo de 30 m^3, destacando la elevada importancia en el gráfico del impuesto pagado por un consumo de 5 m^3 relacionado con el hecho de que en algunas comunidades no se aplica una cuota fija a pagar periódicamente, pero en cambio su cuota en función de la cantidad de agua consumida es mayor a medida que el consumo también lo es, es decir, existe una progresividad en la cuota de servicio que implica que un consumo más elevado paga más caro el metro cúbico de agua, de modo que podría suponer un estímulo para el ahorro. Por otra parte, el Canon de Saneamiento para uso industrial está en una situación parecida, pues 6 comunidades autónomas imponen un tributo superior al valenciano, por lo que existiría un margen de incremento del impuesto para la Comunidad Valenciana.

En ambos gráficos destaca la situación de las Islas Baleares al estar muy por encima de cualquier otra comunidad, pero es algo razonable dada la gran escasez de recursos hídricos que sufre la región, lo que explica que cuenten con un tributo sobre las aguas con un carácter muy progresivo hasta el punto de que un consumo escaso de agua se paga a cerca de 0,30€ el metro cúbico, mientras que un consumo excesivo se paga aproximadamente a 1,71€ el metro cúbico, además de la cuota fija, es decir, la situación de grave escasez en esta comunidad les ha llevado a imponer un impuesto progresivo con el fin de estimular el consumo responsable de los pocos recursos de que se dispone.

Gráfico 6.2.7 Pago mensual en concepto de Canon de Saneamiento para uso industrial por comunidades autónomas.



Fuente: Melgarejo y Esteve, 2016.

Toda esta información muestra que ni la internalización ni la recuperación de costes se está produciendo al completo, pero existen instrumentos para alcanzarlas, pues como muestran los datos el precio del agua en España es muy reducido en comparación con otros países europeos, cosa que contrasta con la situación de escasez española. En la Comunidad Valenciana se cuenta con un Canon de Saneamiento relativamente bajo si consideramos la escasez de esta región y las cuotas aplicadas en otras comunidades. La Directiva Marco del Agua establece que se debe perseguir la recuperación de costes y seguir el principio de quien contamina paga y, como lo primero no se está consiguiendo en materia de depuración y reutilización de aguas, sería recomendable incrementar la recaudación proporcionada por el Canon de Saneamiento, cuyo objetivo principal es proteger el medioambiente haciendo la actividad de depuración y reutilización de aguas

sostenible económicamente. Cómo incrementar las cuotas ya es una cuestión más complicada, una opción sería simplemente incrementarlas en la misma medida para todos los usuarios, sin embargo, cabe la posibilidad de seguir el modelo de las Islas Baleares que, con el fin de hacer un uso más eficiente de los recursos disponibles, establece unas cuotas progresivas que hacen considerablemente más costoso el consumo de altas cantidades de agua, de modo que se intente evitar el despilfarro de los usuarios.

No obstante, aunque el Canon de Saneamiento de la Comunidad Valenciana sea menor que el impuesto por otras comunidades, hay que tener en cuenta que la situación presupuestaria de la EPSAR es sólida, ya que desde el año 2011 los ingresos superan a los costes, es decir, no es la EPSAR la que necesita con más urgencia mayores ingresos para ejercer su actividad, sino que estos mayores ingresos son necesarios en general para alcanzar la recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua.

En resumen, la situación actual de la recuperación de costes de los servicios del agua es preocupante si se consideran los costes ambientales, a lo que hay que sumar que todavía quedan costes ambientales por internalizar mediante actuaciones pendientes de aplicación, además tampoco es completa la recuperación de costes financieros en la mayoría de servicios del agua, por lo que es necesario reducir los costes o incrementar los ingresos para hacer la actividad sostenible en el tiempo. Como la comparación de España con otros países europeos y la comparativa autonómica del Canon de Saneamiento muestran, una vía para acercarse a dicha recuperación consiste en incrementar el precio del agua, de modo que el consumidor pudiera percibir tanto los costes económicos y ambientales de los servicios del agua como la situación de escasez que se vive en la actualidad.

Con todo esto, como la internalización y la recuperación de los costes, ambientales en el primer caso y tanto financieros como ambientales en el segundo, de la gestión humana de los recursos hídricos no se están consiguiendo al 100%, el impacto ambiental de la depuración y reutilización de aguas no se está considerando y, por tanto, tampoco internalizando. Sin embargo, habría que tener en cuenta que la EPSAR sí que está valorando la contaminación producida por el consumo energético del proceso de depuración, lo que se estudiará en el siguiente apartado.

7. Coste energético e impacto ambiental de la depuración de aguas

Como mostraba el capítulo anterior, a la hora de internalizar los costes ambientales no se están considerando los que tiene la propia actividad de depurar y reutilizar aguas, además habitualmente ni siquiera se mencionan, pues se ve a la depuración de aguas como una actividad derivada de la internalización de una parte de los costes de la gestión humana de los recursos hídricos disponibles.

Sin embargo, esta actividad tiene un coste como cualquier otra, pero no sólo económico, sino también un coste ambiental que surge principalmente del alto consumo energético asociado a la explotación, el cual supone una parte importante de los costes económicos totales de la depuración y una importante contaminación derivada de la forma de generación de la energía necesaria.

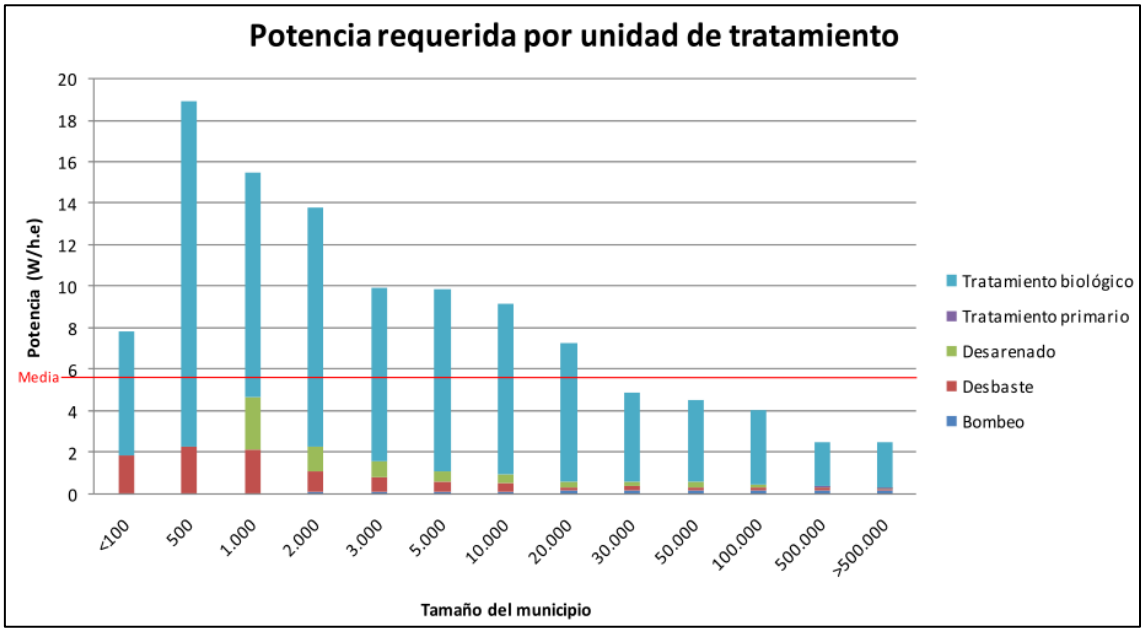
La actividad de depurar aguas está muy relacionada con la energía, ya que no sólo consumen energía en el proceso, sino que los lodos que se generan durante el proceso de depuración tienen un valor energético. Esto hace que gran parte de la energía que es utilizada a lo largo del ciclo del agua se concentre en las EDAR, por lo que la eficiencia energética es fundamental en la explotación de estas, contribuyendo tanto a la minimización de costes económicos como a la suavización del impacto ambiental. Teniendo en cuenta la cantidad de procesos que ocurren en una de estas instalaciones, la relación entre la depuración de aguas y el consumo energético es muy compleja debido a que cada paso del proceso tiene un coste energético diferente (iagua, 2014).

Para ilustrar la situación general en España, el gráfico 7.1 (IDAE, 2010) muestra la potencia requerida por unidad de tratamiento, expresada en watios por habitante equivalente y diferenciando por tamaño de municipio. El gráfico muestra una relación bastante clara entre la cantidad de agua tratada y el coste energético que esta tiene, a excepción de los municipios de menos de 100 habitantes. El eje vertical muestra la potencia requerida por habitante equivalente, es decir, el dato utilizado está en términos relativos para poder realizar una comparación, la cual muestra que, a mayor es el tamaño del municipio, menor es la cantidad de energía que se requiere para depurar una misma cantidad de agua, por lo que existen unas economías de escala que llevan a un coste unitario menor cuando la cantidad tratada es mayor. Además, estas diferencias en función del tamaño son muy significativas, hasta el punto de que para municipios de 500 habitantes el coste energético por habitante equivalente es alrededor de 9 veces superior

a cuando el municipio supera los 500.000 habitantes, lo que es una muestra de la eficiencia que puede alcanzarse tratando cantidades de agua elevadas para municipios más poblados.

Diferenciando por tratamiento, el consumo de energía se centra en el tratamiento biológico y es en este aspecto en el que existe el mayor margen de mejora, aunque en las depuradoras de municipios pequeños el coste del desbaste o incluso del desarenado alcanza un nivel significativo.

Gráfico 7.1 Energía requerida para los diferentes tratamientos de las aguas residuales.



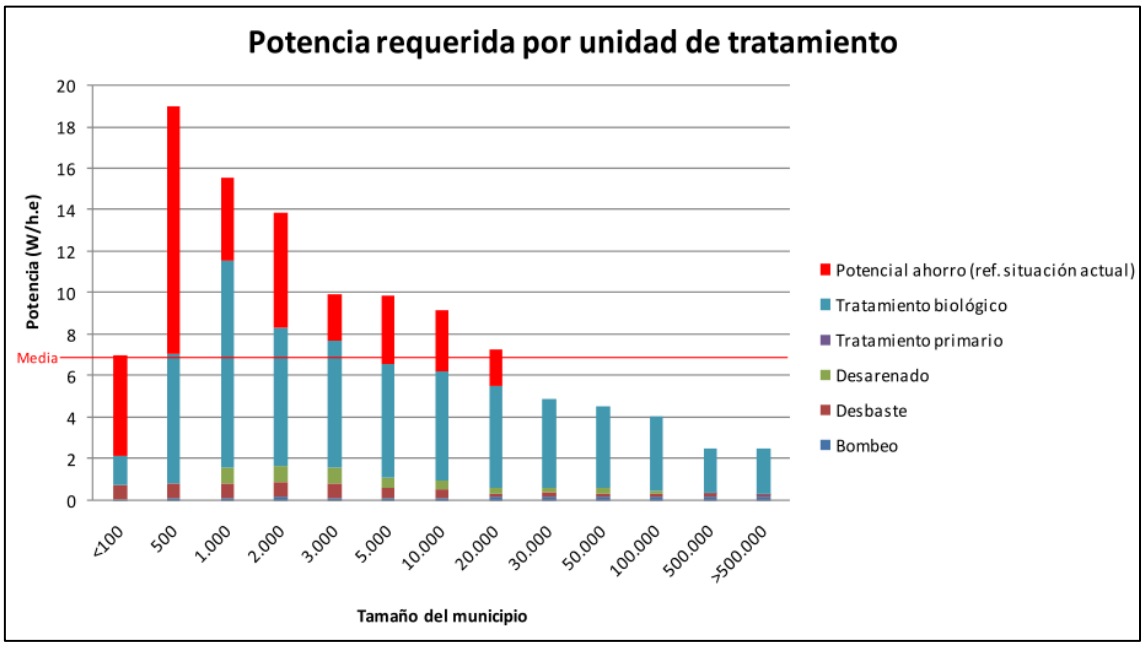
Fuente: IDAE, 2010.

El gráfico anterior muestra claramente la existencia de un amplio margen de mejora en cuanto al consumo energético de las EDAR, el cual se puede observar en el gráfico 7.2, que muestra en rojo el ahorro potencial, en términos energéticos, que podrían alcanzar las depuradoras. Se ve claramente que la principal fuente de ahorro es en el coste del tratamiento biológico y solamente en las EDAR de municipios de menos de 20.000 habitantes, destacando que en las de 500 habitantes el ahorro puede llegar a poco más del 50%. De nuevo, el desbaste y el desarenado tienen margen de mejora, pero es menos visible dada la relevancia del posible ahorro en el tratamiento biológico.

La tabla 7.1 expresa en números el ahorro potencial representado en el gráfico 7.2. Se puede observar que el ahorro potencial es muy elevado, alcanzando el 17,5%, tanto en términos relativos como absolutos, gracias a la mejora en la eficiencia, lo que supondría

un ahorro económico considerable y una reducción del impacto ambiental derivado del consumo energético de las EDAR.

Gráfico 7.2 Energía requerida para los diferentes tratamientos de las aguas residuales mostrando la parte que podría ahorrarse.



Fuente: IDAE, 2010.

Tabla 7.1 Consumo actual de energía de las EDAR españolas y ahorro potencial.

	Consumo unitario		Total España		Potencial de ahorro (%)
	W/he	kWh/(m3/año)	Potencia (MW)	Consumo actual GWh/año	
Consumo actual	5,6	49	305	2.672	-
Ahorro potencial	0,98	8,6	53	468	17,50%

Fuente: IDAE, 2010.

Centrándonos en la Comunidad Valenciana, el artículo técnico de Albadalejo, Martínez y Santos (2015) estudia, con datos de 2010 y 2011, el consumo energético de las EDAR y elabora la tabla 7.2, que muestra el consumo energético de las depuradoras en función de diversos aspectos. En primer lugar, clasifica las EDAR por grupos según el número de habitantes equivalentes y después, para cada grupo, muestra el coste energético de la depuración de un metro cúbico de agua, pero también el coste que tiene tratar aspectos específicos de las aguas residuales.

A primera vista, observando el coste energético por metro cúbico de la depuración, la conclusión es similar a la obtenida con datos nacionales y es que a mayor sea la cantidad de agua tratada, menor es el coste por unidad tratada. Mirando los aspectos más específicos del tratamiento, también se puede ver un patrón general similar a los

anteriores, por lo que parece haber evidencia de que hay un mayor nivel de eficiencia en las EDAR que más cantidad de agua tratan.

Tabla 7.2 Consumo energético de las EDAR de la Comunidad Valenciana total y diferenciando por tratamiento y tamaño.

Nº EDAR	Habitantes equivalentes (he)	Log (Log (promedio he))	Promedio he	Promedio kWh/m^3	Promedio MWh/t DBO_5	Promedio MWh/t SS	Promedio DQO MWh/t	Promedio N_{tot} MWh/t	Promedio P_{tot} MWh/t	Promedio Δdepur MWh/t
54	200	0,31	109	1,94	10,42	12,34	5,56	342,46	1561,67	2,77
53	400	0,4	309	0,96	4,2	4,51	0	107,92	742,69	1,08
49	600	0,43	503	0,77	2,98	3,55	0	130,76	691,68	0,79
60	1000	0,46	763	0,7	2,73	3,01	0	53,74	441,8	0,7
51	1600	0,49	1275	0,69	2,72	2,87	0	41,76	296,7	0,68
66	4000	0,53	2478	0,59	2,6	2,69	0	38,13	267,97	0,64
52	13300	0,59	7561	0,6	1,98	2,16	0	22,02	151,6	0,51
55	125000	0,66	36609	0,61	1,54	1,57	0	14,33	74,32	0,38
8	200000	0,71	148885	0,4	1,48	1,37	0	24,5	120,77	0,35
4	500000	0,74	282986	0,36	1,32	1,31	0	77,61	521,31	0,33
1	1000000	0,78	990520	0,3	1,41	1,03	0	12,11	67,6	0,29
453				0,42	1,63	1,64	0,83	20,53	118,14	0,4

Fuente: Albadalejo, Martínez y Santos, 2015.

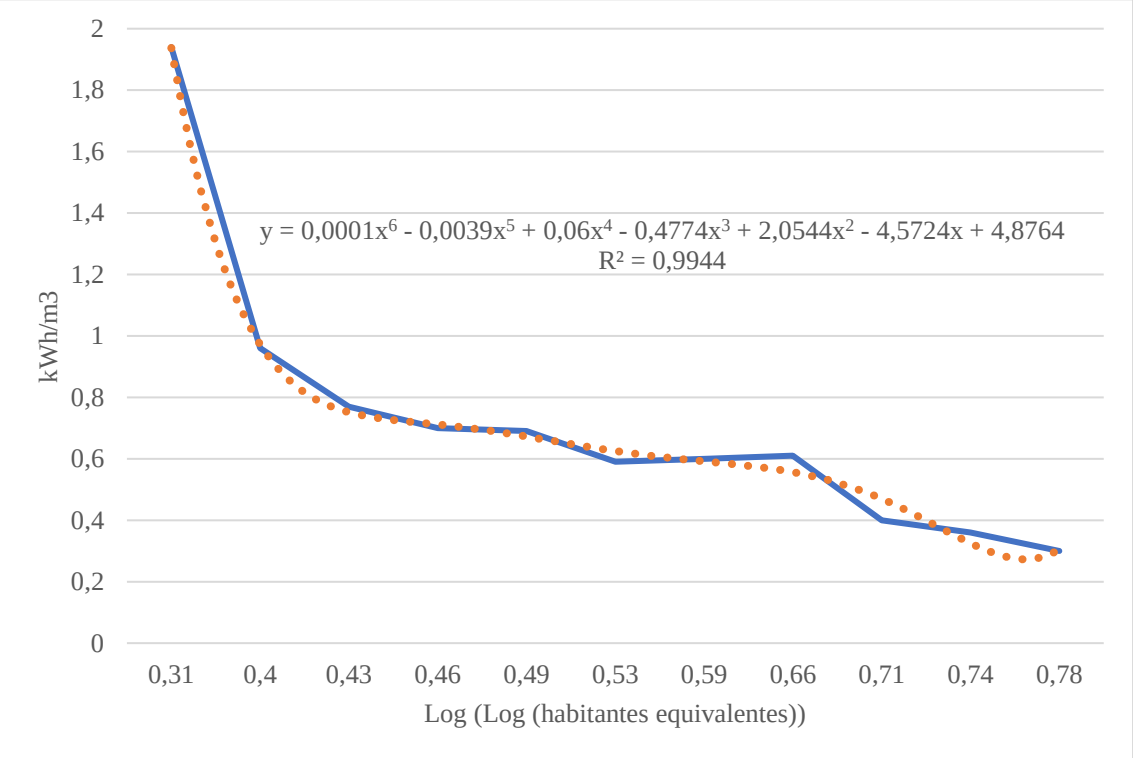
Para ilustrar la principal conclusión de la tabla anterior, el gráfico 7.3 representa los kWh/m^3 respecto al logaritmo del logaritmo de los habitantes equivalentes, pudiéndose ver con claridad como en los niveles más bajos de habitantes equivalentes, es decir, en los lugares en los que menor cantidad de aguas residuales se depuran, el coste energético de cada metro cúbico de agua es mucho más elevado, indicando, del mismo modo que con los datos nacionales, la posibilidad de un margen de mejora importante en cuanto al consumo energético en las EDAR que tratan una cantidad de agua menor.

A estos trabajos sobre el coste y la eficiencia energética de las EDAR de la Comunidad Valenciana hay que sumar el Análisis Envolvente de Datos realizado por Hernández, Molinos y Sala (2011), el cual obtiene unas conclusiones acordes a las de los anteriores trabajos mencionados. Este análisis indica que, de las 176 EDAR analizadas, solamente 18 alcanzan la unidad en el índice calculado y pueden ser consideradas eficientes, encontrando también que 121 no alcanzan el 0,3 de índice de eficiencia energética. Este resultado pone en evidencia que existe un gran margen de mejora en un número importante de EDAR y que la optimización energética en el proceso de depuración y reutilización de aguas es fundamental, pues es un proceso intensivo en energía.

Este coste energético tiene de por sí un impacto ambiental derivado de la contaminación producida al generarse la energía y es necesario tenerlo en cuenta, pero también se tiene que considerar que en esta situación los esfuerzos por reducir el impacto ambiental tendrán, además, un efecto de cara a minimizar los costes de explotación asociados a la depuración de aguas debido a una mayor eficiencia energética.

En la propia memoria de gestión de la EPSAR (2017) se explica que ya se está trabajando en medidas de optimización energética, habiéndose reducido el consumo de energía de la red en un 4,5% de 2015 a 2016, alzando el peso de las energías renovables al 19,5% del total de energía utilizada en las EDAR y evitando el consumo de 3.402 toneladas equivalentes de petróleo. Estas medidas de optimización energética consisten en la instalación en las propias EDAR de sistemas de cogeneración, los cuales producen energía utilizando el biogás generado en el proceso de digestión anaerobia, además de la instalación de placas fotovoltaicas en la EDAR de Pilar de la Horadada.

Gráfico 7.3 Consumo energético de las EDAR de la Comunidad Valenciana en relación al número de habitantes equivalentes.



Fuente: Albadalejo, Martínez y Santos, 2015 y Elaboración propia.

Por tanto, la EPSAR sí que está considerando la existencia de un impacto ambiental por parte de la depuración y reutilización de aguas, aunque al no disponerse de información específica del destino de la recaudación otorgada por el Canon de Saneamiento de la

Comunidad Valenciana, conocer en qué medida se están haciendo esfuerzos por reducir dicho impacto es muy complicado. No obstante, la EPSAR (2017) ha realizado estudios acerca de la huella de carbono de las EDAR de la Comunidad Valenciana, llegando a la conclusión de que, si bien la huella sigue siendo elevada, la tendencia desde 2010 es decreciente, a pesar de la estabilización de la huella en los últimos años.

Puesto que la EPSAR tiene en cuenta el problema, ha realizado estudios y está promoviendo la instalación de fuentes de energía renovable en las propias EDAR, no se debe considerar que el impacto ambiental de la depuración y reutilización de aguas esté siendo ignorado por esta, pero sí que queda un gran margen de mejora, pues se sigue utilizando un 80,5% de la energía de fuentes no renovables con su respectiva emisión de gases de efecto invernadero, por lo que las tareas pendientes en este aspecto son, principalmente, mejorar la eficiencia energética para requerir de un consumo menor y estimular la utilización de energías renovables mediante la generación de energía en las propias EDAR.

8. Conclusiones

La situación de los recursos hídricos en la Comunidad Valenciana es problemática, pues el estrés sobre los recursos hídricos es considerablemente elevado y esto implica la necesidad de gestionar de una manera más eficiente tanto los recursos tradicionales como los no convencionales.

Entre estos últimos se encuentra la depuración, así como la reutilización, de aguas residuales urbanas, que mediante el tratamiento de aguas ya utilizadas aumenta la oferta de recursos hídricos y reduce la carga contaminante de los vertidos. Tal es la necesidad de acometer mejoras en política hídrica en toda la Comunidad Valenciana que desde 1993 la actividad de depuración y reutilización de aguas ha evolucionado de manera intensa.

En la actualidad, gracias a esta actividad, es posible reutilizar una parte importante de las aguas residuales una vez tratadas, sin embargo, esta cantidad podría ser todavía mayor si se realizaran esfuerzos, lo que supondría una gran ayuda para rebajar la elevada presión sobre las masas de agua de la Comunidad Valenciana y, concretamente, la provincia de Alicante.

La contribución positiva de la depuración de aguas al estado de las masas de agua es innegable, pero también posee un efecto negativo que se deber tener en cuenta para poder considerar que la actividad es sostenible. Esta actividad también debe ser viable en términos económicos, pues de no aportar un beneficio no existirán agentes dispuestos a llevarla a cabo y, como ahora mismo el precio del agua es relativamente bajo, no se puede considerar que la depuración de aguas es una actividad sostenible, ya que la recuperación de los costes financieros no se cumple. Además, los bajos precios del agua no reflejan ni la situación de escasez ni los costes del tratamiento de las aguas en las EDAR, por lo que la financiación pública es necesaria para hacer viable la depuración de aguas.

A la recuperación de los costes financieros se debe sumar la de los costes ambientales que tiene la actividad de depuración de aguas, los cuales también se deben considerar como establece la normativa europea. Los datos disponibles muestran claramente como no se están recuperando los costes ambientales, es decir, no se está siendo capaz de combatir el impacto ambiental negativo de la depuración de aguas, pero ni siquiera se alcanza la recuperación de los costes financieros, de modo que la actividad actualmente no es sostenible y quedan importantes esfuerzos por realizarse.

Estos esfuerzos deben ir encaminados a completar la recuperación de ambos tipos de costes y están muy vinculados a la política hídrica, especialmente a la política de precios del agua, que es la principal forma de financiación de estas actividades ya sea mediante el precio del agua en sí o mediante tributos que graven el consumo de este recurso. La información obtenida muestra que el precio del agua en España en su conjunto es reducido, lo que limita la recuperación de los costes financieros y la capacidad de llevar a cabo los esfuerzos necesarios por combatir el impacto ambiental de la depuración de aguas.

El impacto ambiental mencionado consiste, principalmente, en el coste energético que tiene la actividad de depuración de aguas, coste que también es una gran parte del coste de explotación de las EDAR, por lo que la eficiencia energética en estas instalaciones es fundamental para convertir la depuración de aguas es una actividad sostenible económica y ambientalmente. Con esto, los esfuerzos clave para recuperar el coste ambiental consisten en mejorar la eficiencia energética de las EDAR, esfuerzos que la EPSAR ya está llevando a cabo poco a poco. Además, a la hora de realizar estos esfuerzos, debe tenerse en cuenta que el consumo energético varía en función de las instalaciones, pudiendo observarse un consumo por metro cúbico de agua tratado más bajo a mayor

cantidad de agua se trate, lo que condicionará la forma de mejorar la eficiencia energética. En conjunto, el 80,5% de la energía utilizada en el proceso de depuración y reutilización de aguas en la Comunidad Valenciana procede de fuentes no renovables lo que, dada la situación actual de calentamiento global y cambio climático, sería muy importante evitar lo máximo posible para poder considerar que esta actividad es sostenible.

Además, aunque la eficiencia energética es un aspecto clave del impacto ambiental de la depuración de aguas, no debe menospreciarse la capacidad de la política de precios del agua para influir en los consumidores, ya que una política adecuada podría conducir a un uso más eficiente de un recurso escaso como es el agua y aliviar la presión sobre los recursos de manera complementaria a las mejores energéticas.

Por último, el trabajo deja abierta la posibilidad de realizar, con una mayor recopilación de información, un análisis de la internalización de costes más preciso y con datos más recientes sobre el consumo de energía en las EDAR, de modo que se pudiera conocer con mayor detalle la situación del impacto ambiental de la depuración de aguas, clave para la sostenibilidad de la actividad.

9. Bibliografía

-Albadalejo, A., Martínez, J.L. y Santos, J.M. (2015). Parametrización del consumo energético en las depuradoras de aguas residuales urbanas de la Comunidad Valenciana. *Tecnoaqua*, (11), 55-61. Disponible en: https://www.tecnoaqua.es/media/uploads/noticias/documentos/articulo-tecnico-parametrizacion-consumo-energetico-depuradoras-agua-residuales-urbanas-comunidad-valenciana-tecnoaqua-es.pdf (Consultado el 06/05/2018).

-Alcon, F., Martin-Ortega, J., Berbel, J., & De Miguel, M. D. (2012). Environmental benefits of reclaimed water: an economic assessment in the context of the Water Framework Directive. *Water Policy*, 14(1), 148-159. Disponible en: http://wp.iwaponline.com/content/14/1/148 (Consultado 18/05/2018).

-Alfranca, O. (2016). Métodos de valoración ambiental aplicados a la regeneración y reutilización de aguas residuales en agricultura. *Agua y territorio*, (8), 61-69. Disponible en: https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/issue/viewIssue/265/70 (Consultado 17/05/2018).

-Anderson, J (2003). The environmental benefits of water recycling and reuse. *Water Science & Technology: Water Supply* 3(4). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/255619095_The_environmental_benefits_of_water_recycling_and_reuse (Consultado 18/05/2018).

-Angelakis, A. N. & Durham, B. (2008). Water recycling and reuse in EUREAU countries: Trends and challenges. *Desalination* 218 (1-3), 3–12. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916407005061 (Consultado 18/05/2018).

-ATIB (2016). Canon de Saneamiento de Aguas. Agència Tributària de les Illes Balears. Disponible en: https://www.atib.es/DESCARGADOCS/Canon_de_Saneamiento_de_aguas_CAS.pdf (Consultado 15/05/2018).

-BOE, (2007). Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Disponible en: http://www.boe.es/boe/dias/2007/12/08/pdfs/A50639-50661.pdf (Consultado 15/05/2018).

-CHJ, (2015). "Memoria: Ciclo de planificación hidrológica 2015-2021". Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Júcar. Disponible en: https://www.chj.es/Descargas/ProyectosOPH/Consulta%20publica/PHC-2015-2021/PHJ1521_Memoria_151126.pdf (Consultado 17/05/2018).

-CHS, (2015a). "Memoria: Plan hidrológico de la demarcación del Segura 2015/21". Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021. Disponible en: https://www.chsegura.es/chs/planificacionydma/planificacion15-21/ (Consultado 17/05/2018).

-CHS, (2015b). "Anejo 09. Recuperación de costes". Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica del Segura 2015-2021. Disponible en: https://www.chsegura.es/chs/planificacionydma/planificacion15-21/ (Consultado 17/05/2018).

-Comos, J.A. (2014). Reutilización de las aguas depuradas en la vega de Valencia. En *Aplicación de lodos y aguas regeneradas en agricultura*. 1ª Jornada sobre el aprovechamiento de recursos disponibles en una EDAR., Valencia. Disponible en:

http://www.serglo.es/congresos/2014/depuracion2014/M43-JOSE%20ALBERTO%20COMOS%20GUILLEN.pdf (Consultado 15/05/2018).

-CONAMA 2014 (2015). Hacia un funcionamiento económicamente competitivo, sostenible y alternativo en la gestión de las aguas residuales en España. Congreso nacional del medioambiente, Madrid. Disponible en: http://www.conama11.vsf.es/conama10/download/files/conama2014/GTs%202014/14_final.pdf (Consultado 15/05/2018).

-CONAMA 9, (2008). Nuevas fuentes de agua. Congreso nacional del medio ambiente: Cumbre del desarrollo sostenible, Madrid. Disponible en: http://www.conama9.conama.org/conama9/download/files/GTs/GT_AGU//AGU_final.pdf (Consultado 15/05/2018).

-EPSAR, (2007). "Situación actual de las aguas residuales en la comunidad valenciana: hacia una gestión sostenible de los recursos hídricos". Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, Universidad de Alicante.

-EPSAR, (2014). "Memoria de Gestión". Ejercicio 2013. Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, Valencia.

-EPSAR, (2017). "Memoria de Gestión". Ejercicios 1993-2016. Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana, Valencia. Disponible en: http://www.epsar.gva.es/sanejament/quienes-somos/INFORME-DE-GESTION.pdf (Consultado 15/05/2018).

-EU, (2000). 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. http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0008.02/DOC_1&format=PDF (Consultado 15/05/2018).

-Generalitat Valenciana, (2002). II Plan Director de Saneamiento y Depuración de la Comunidad Valenciana, Valencia. Disponible en: http://www.agroambient.gva.es/documents/163005665/164109731/II+Plan+Saneamiento_completo/7700bac6-595b-4ce5-be46-7e40012781f0 (Consultado 15/05/2018).

-Hernández, F., Molinos, M. y Sala, R. (2011). Eficiencia energética, una medida para reducir los costes de operación en las estaciones depuradoras de aguas residuales. *Tecnología del agua*, 31(326), 46-54.

-iagua, (2014). Eficiencia energética en las estaciones depuradoras de aguas residuales. *iAgua Magazine* (4). Disponible en: https://www.iagua.es/noticias/isotrol/14/11/17/eficiencia-energetica-estaciones-depuradoras-aguas-residuales (Consultado el 06/05/2017).

-IDAE (2010). Estudio de prospectiva. Consumo energético en el sector del agua. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Disponible en: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Estudio_de_prospectiva_Consumo_Energetico_en_el_sector_del_agua_2010_020f8db6.pdf (Consultado 06/05/2018).

-Mas, J. (2016). *Análisis coste/beneficio aplicado a los procesos de depuración y reutilización*. Trabajo de Fin de Máster. Alicante, Instituto Universitario del Agua y las Ciencias Ambientales, Universidad de Alicante. Disponible en: https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/tfm10/tfm10-guillermo-mas-ortega.pdf (Consultado 15/05/2018).

-Melgarejo J., Prats D., Molina A. y Trapote A. (2016). A case study of urban wastewater reclamation in Spain: Comparison of water quality produced by using alternative processes and related costs. *Journal Of Water Reuse And Desalination*, 6(1), 72-81. Disponible en: http://dx.doi.org/10.2166/wrd.2015.147 (Consultado 15/05/2018).

-Melgarejo, J. (2009). Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España. *CLM Economía*, (15), 245-270. Disponible en: http://hdl.handle.net/10045/33318 (Consultado 15/05/2018).

-Melgarejo, J. y Esteve, S. (2016). Estudio económico comparativo del Canon de Saneamiento en España. Ejemplo de éxito en la comunidad valenciana. En **Desafíos del Derecho de Aguas**, Aranzadi, Pamplona.

-Melgarejo, J. y López, M.I. (2016a). Depuración y reutilización de aguas en España. *Agua y territorio*, (8), 22-35. Disponible en: https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/issue/viewIssue/265/70 (Consultado 17/05/2018).

-Melgarejo, J. y López, M.I. (2016b). La economía del ciclo urbano del agua en España. En **Desafíos del Derecho de Aguas**, Aranzadi, Pamplona.

-Melián, A. y Fernández, M.A. (2016). Reutilización de agua para la agricultura y el medioambiente. *Agua y territorio*, (8), 80-92. Disponible en:

https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/issue/viewIssue/265/70 (Consultado 17/05/2018).

-Molinos, M., Hernández, F. y Sala, R. (2010). Viabilidad económica de la reutilización de aguas residuales: valoración económica de los beneficios ambientales. *Anales de ASEPUMA*, (18). Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6002506 (Consultado 15/05/18).

-Molinos, M., Hernández, F. y Sala, R. (2013). Tariffs and Cost Recovery in Water Reuse. *Water Resources Management*, 27(6), 1797-1808. Disponible en: https://dx.doi.org/10.1007/s11269-012-0111-4 (Consultado 15/05/2018).

-Mujeriego, R. (2005). La reutilización, la regulación y la desalación en la gestión integrada del agua. En *La sequía en España. Directrices para minimizar su impacto.* Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 105-145. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/agua/enlaces-de-interes/doc_sequia_espana_new_tcm30-278172.pdf (Consultado 15/05/2018).

-Navarro, T. (2018). Water reuse and desalination in Spain – Challenges and opportunities. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 8(2). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/322430780_Water_reuse_and_desalination_in_Spain_-_Challenges_and_opportunities (Consultado 19/05/2018).

-OECD [Organistion for Economic Co-operation and Development], (2010). *Pricing Water Resources and Water and Sanitation Services*. OECD Publishing. Disponible en: https://read.oecd-ilibrary.org/environment/pricing-water-resources-and-water-and-sanitation-services_9789264083608-en (Consultado 18/05/2018).

-Prats, D. (2016). La reutilización de aguas depuradas regeneradas a escala mundial: análisis y prospectivas. *Agua y territorio*, (8), 10-21. Disponible en: https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/issue/viewIssue/265/70 (Consultado 17/05/2018).

-Prats, D. y Melgarejo, 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 Ambientes y COEPA. Alicante, 164 + CD. Disponible sin CD en: https://iuaca.ua.es/es/documentos/documentos/ebooks/ebook-

desalacion-y-reutilizacion-de-aguas-en-la-provincia-de-alicante.pdf (Consultado 17/05/2018).

-PWC (2014). La gestión del agua en España, análisis de la situación actual del sector y retos futuros. PriceWaterhouseCoopers. Disponible en: https://commonmedia.blob.core.windows.net/legacymedia/1226705/informe_gestion_agua.pdf (Consultado 15/05/2018).

-Rico, A. (2002). Insuficiencia de recursos hídricos y competencia de usos en la Comunidad Valenciana. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (33), 23-50. Disponible en: http://hdl.handle.net/10045/23021 (Consultado 15/05/2018).

-Torregrosa, T. (2017). *Valoración económica de los recursos naturales*. Apuntes del Máster universitario en Economía Aplicada, Universidad de Alicante.

-Trapote, A. (2016). Tecnologías de depuración y reutilización: nuevos enfoques. *Agua y territorio*, (8), 48-60. Disponible en: https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/issue/viewIssue/265/70 (Consultado 17/05/2018).

-Villar, A. (2016). Reutilización de aguas regeneradas: aproximación a los costes de producción y valoración de su uso. *Agua y territorio*, (8), 70-79. Disponible en: https://revistaselectronicas.ujaen.es/index.php/atma/issue/viewIssue/265/70 (Consultado 17/05/2018).

-Villar, A. (2017). Recuperación de costes y reposición de activos. En **Libro blanco de la economía del agua**, *3ª ed*, McGraw-Hill Education, Madrid.

-UN-Water, (2017). The United Nations World Water Development Report 2017: *Wastewater: An untapped resource*. United Nations. Paris. Disponible en: http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2017/ (Consultado 18/05/2018).

-Yongguan, C., Seip, H. M., & Vennemo, H. (2001). The environmental cost of water pollution in Chongqing, China. *Environment and Development Economics*, 6(3), 313-333. Disponible en: https://www.cambridge.org/core/journals/environment-and-development-economics/article/environmental-cost-of-water-pollution-in-chongqing-china/0976E880A719DACEAA6DB12623E32DC3 (Consultado 18/05/2018).