

Reutilización de agua: estado actual y perspectivas

RAMÓN SALA-GARRIDO

Departamento de Matemáticas para la Economía y la Empresa
Universitat de Valencia

MARÍA MOLINOS-SENANTE

Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental
Pontificia Universidad Católica de Chile

RAMÓN FUENTES

Departamento de Análisis Económico Aplicado
Universidad de Alicante

FRANCESC HERNÁNDEZ-SANCHO

Grupo de Economía del Agua, Instituto Desarrollo Local
Universitat de València

Recibido: Noviembre 2020

Aceptado: Noviembre 2020

Resumen

La reutilización de agua residual tratada se ha identificado como una fuente hídrica alternativa muy relevante. Sin embargo, tanto a nivel europeo como español, la reutilización de agua todavía es muy incipiente. No obstante, se observan territorios como la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana donde el agua reutilizada ha adquirido una importancia estratégica para la agricultura. Con el objetivo de promover el uso seguro del agua regenerada, la Unión Europea ha adoptado el Reglamento 2020/741/UE el cual presenta algunas diferencias en relación a los estándares definidos por la normativa española (Real Decreto 1620/2007).

Palabras clave: reutilización, agua, economía del agua, agua residual, Unión Europa.

Clasificación JEL: O52, Q01, Q25, Q53.

Abstract

The reuse of treated wastewater has been identified as a highly relevant alternative water source. However, at both European and Spanish level, water reuse is still very incipient. In spite of this, there are territories such as the Region of Murcia and the Valencian Community where reused water has acquired strategic importance for agriculture. With the aim of promoting the safe use of reclaimed water, the European Union has adopted Regulation 2020/741/ EU which presents some differences in relation to the standards defined by Spanish regulation (Royal Decree 1620/2007).

Keywords: reuse, water, water economics, wastewater, European Union.

JEL Classification: O52, Q01, Q25, Q53.

1. Introducción

El agua es un recurso limitado y esencial para la salud humana y el equilibrio medioambiental (Molinos-Senante *et al.*, 2016) cuyo uso es cada vez más intenso, llevando a situaciones de estrés hídrico e incluso de escasez, cada vez más frecuentes, en todos los continentes del planeta (Gheraout *et al.*, 2017). En este sentido, se prevé que hacia 2025 más de 3000 millones de personas vivan en zonas con niveles hídricos por debajo del umbral del estrés (Human Development Report, 2006). La Unión Europea (UE) no escapa a tal situación ya que un tercio de su territorio sufre escasez de agua debido a la creciente demanda por parte de la población y al cambio climático, que deriva en sequías cada vez más intensas y frecuentes, y cuyos daños medioambientales superan con creces las pérdidas económicas (Comisión Europea, 2018).

En un contexto así, es lógico que los esfuerzos se hayan enfocado en mejorar la eficiencia en la utilización del agua, así como de los recursos financieros dedicados a su gestión. La escasez de un recurso tan esencial y su constante creciente demanda desde todo tipo de sectores, tanto el agrícola, el industrial, servicios e incluso las economías domésticas, ha hecho imprescindible centrar la atención en el problema.

En ese sentido, el aprovechamiento de los recursos hídricos por medio de la reutilización de agua residual tratada es una de las opciones más significativas para mejorar su uso (Sala-Garrido *et al.*, 2012; Rizzo *et al.*, 2020). De hecho, la regeneración y reutilización de agua se ha convertido en la opción más aconsejable debido a dos motivos fundamentales: aumentar la cantidad de agua disponible y reducir el nivel de contaminación medioambiental al disminuir el volumen de descarga de aguas residuales (Lazarova *et al.*, 2007). Incluso, la UE identificó en 2012 la insuficiente reutilización del agua como responsable de su escasez (Helmecke *et al.*, 2020). Además, hay otros motivos que justifican la reutilización del agua residual tratada como medio de aumentar la cantidad de recursos hídricos disponibles frente a otras alternativas como los trasvases o la desalinización: la reutilización resulta ser más estable, emplear menos consumo de energía sin ceder calidad en aquellos usos para los que se destina y ser más barata, y todo a pesar de que el coste de la reutilización ofrece una alta variabilidad en función de diferentes factores a los que está condicionado y que involucran aspectos tales como el origen del agua a tratar y, el posterior fin concreto al que sea destinada (Jodar-Abellán *et al.*, 2019). Por tanto, un mayor uso del agua residual regenerada en actividades tales como el riego de cosechas y jardines, control de incendios, lavado de coches o limpieza de calles, por ejemplo, contribuiría notablemente a reducir el uso agua potable y mejorar la calidad medioambiental.

España no ha sido ajena a este escenario internacional de necesidad de mejorar el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles, lo cual es más acuciante en zonas turísticas, como la costa mediterránea y los archipiélagos Balear y Canario, en donde la población puede llegar a triplicarse durante el período de vacaciones de verano y las temperaturas llegan a ser elevadas. De hecho, así ocurre en áreas como la Comunidad Valenciana, Andalucía o Murcia, en donde el turismo representa una parte muy significativa de la actividad económica de la zona y las temperaturas en verano superan los 30.º con faci-

lidad. No obstante, en España, el uso de agua residual reutilizada se ha limitado a sectores como la agricultura, la industria o servicios de limpieza urbana, fundamentalmente. En cualquier caso, esta reutilización presenta una importancia crucial dentro del modelo de gestión hídrico español por reducir costes económicos y medioambientales en el proceso, al ser una opción más económica y de mayor calidad medioambiental que otras alternativas (Jordar-Abellán *et al.* 2019).

Con todo ello, la situación de la reutilización en España no parece muy avanzada. De hecho, en 2016 tan solo se reutilizaron 493 hm³ del total de aguas residuales tratadas (4.726 hm³), lo cual supuso un 10.43% del total tratado (Jordán-Abellán *et al.*, 2019). En este mismo sentido parece apuntar la extensión geográfica de la reutilización, puesto que son unas pocas comunidades autónomas las que más concentran el uso de esta fuente alternativa de agua. En particular, el área mediterránea (Cataluña, Comunidad Valencia, Murcia y Andalucía) junto con Baleares y Canarias, constituirían el núcleo fundamental, ya que utilizan más del 86% del agua reutilizada en España, según datos 2016 del Instituto Nacional de Estadística (INE).

En este contexto, y a pesar de existir normativa propia en nuestro país en lo que a reutilización de recursos hídricos se refiere (Ley del agua de 1985, Ley 11/2005 y Real Decreto 1620/2007, siendo esta última la que permanece y regula los estándares de calidad de cada uno de sus posibles usos), la publicación del Reglamento del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua, que será aplicable a partir del 27 de junio de 2023 (2020/741/UE) introduce nuevos parámetros que, en principio, tendrán que ser incorporados en nuestra legislación. Por ello, el objetivo de en este trabajo, es analizar las repercusiones que la misma pueda tener sobre la reutilización de aguas en España, así como en evaluar el estado de actual de la misma en relación a otros países del contexto internacional.

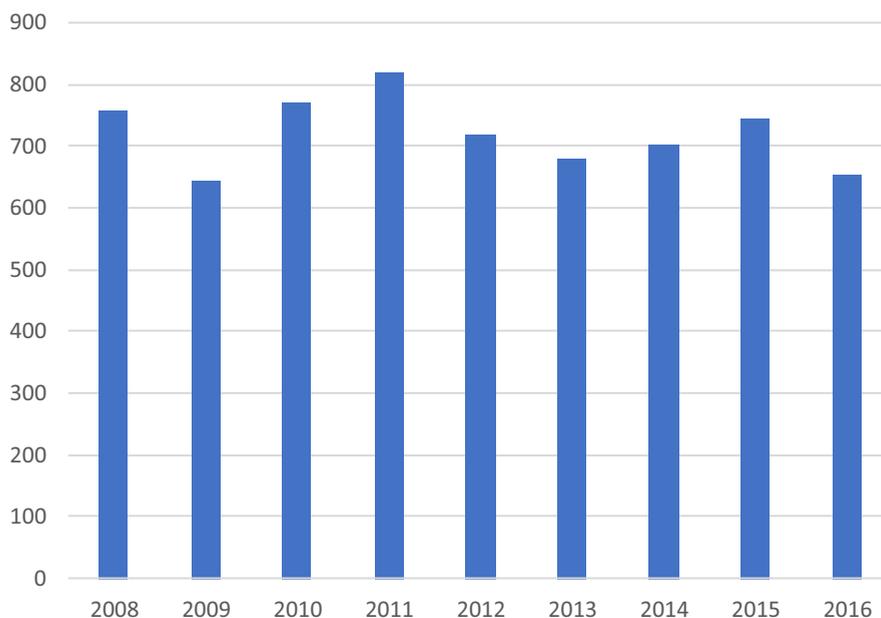
En este sentido, la exposición que sigue se dividirá en cinco apartados. En primer lugar, se presenta la situación de la reutilización en la Unión Europea e Israel. A continuación, se describe el estado de la reutilización en España. Tras ello, se comenta el Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua. Posteriormente, se presentan algunas nociones relativas a la economía de la reutilización y, finalmente, se exponen las conclusiones.

2. La situación de la reutilización en Europa e Israel

La escasez de agua es un fenómeno cada vez más frecuente que afecta al 11% de la población europea y al 17% del territorio de la UE. Además, de acuerdo con las proyecciones, el cambio climático acentuará los problemas de escasez de agua y de sequía en el territorio europeo (Unión Europea, 2011). En este contexto, desde la adopción de la Directiva Marco del Agua en el año 2000, la UE está tomando diversas acciones para preservar las aguas en Europa. Entre las políticas y acciones tomadas se encuentra el fomento y regulación de la reutilización de agua residual tratada. Sin embargo, de acuerdo con los datos propor-

cionados por Eurostat (2020) (Gráfico 1), la reutilización de agua sigue siendo muy limitada e incluso inexistente en muchos países de la UE.

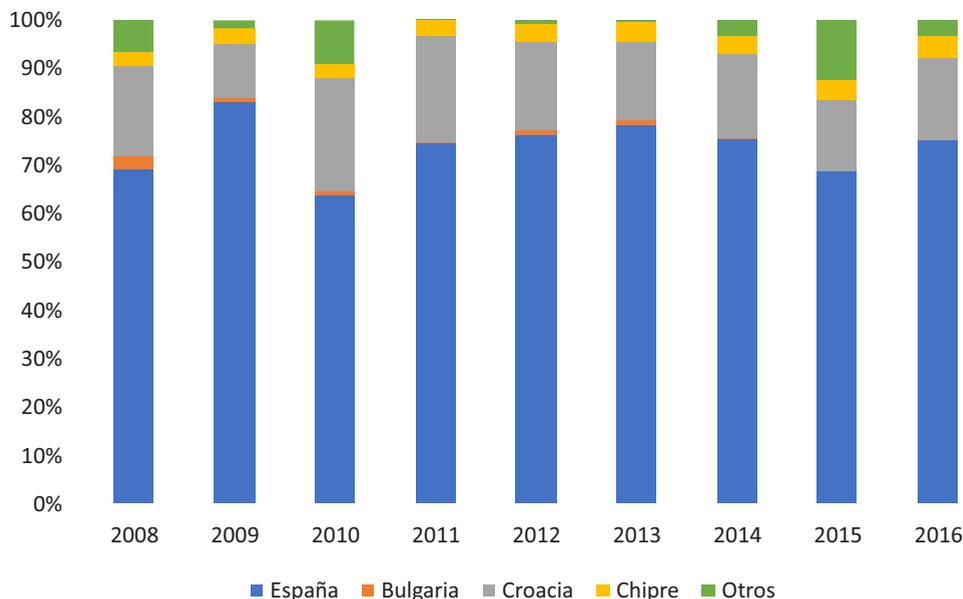
Gráfico 1
Volumen de agua reutilizada en la Unión Europea



Fuente: elaboración propia a partir de Eurostat (2020).

El Gráfico 1 muestra que el volumen de agua residual reutilizada en el UE se mantuvo prácticamente constante durante los años 2008-2016 en un valor aproximado a 700 millones de m³/año. En este contexto, de acuerdo con los datos proporcionados por Eurostat (2020), en el año 2016 en la UE se trataron aproximadamente 24,800 millones de m³ de agua residual. Por lo tanto, menos del 3% del agua residual tratada en la UE es reutilizada (datos año 2016). Así mismo, se observa una importante concentración de la reutilización en algunos países europeos. El Gráfico 2 muestra que España reutiliza aproximadamente el 75% del volumen total de agua reutilizada de la UE, seguido de Croacia con un 17% y Chipre con un 3%. No obstante, según los datos reportados por Eurostat (2020), Croacia es el país de la UE que reutiliza un mayor porcentaje de su agua residual tratada (40%, año 2016), seguido de Chipre y España que reutilizan el 22% y 12%, respectivamente del agua residual tratada.

Gráfico 2
Contribución por países a la reutilización de agua en la Unión Europea



Fuente: elaboración propia a partir de Eurostat (2020).

Israel constituye un caso paradigmático en relación con el tratamiento y reutilización de agua residual. En este país, se trata el 93% del agua residual producida (~ 470 millones de m³/año) y se reutiliza el 85% del total de agua residual lo que implica que anualmente se reutilizan aproximadamente 400 millones de m³. En este exitoso modelo participan agentes públicos y privados. Así, la responsabilidad de recolectar y tratar el agua residual hasta su tratamiento secundario corresponde a las autoridades locales. Por el contrario, la responsabilidad de construir y operar las instalaciones para la regeneración de agua residual (tratamiento terciario) corresponde al sector privado. Tanto las autoridades locales como el sector privado operan bajo la regulación de la Autoridad Israelí del Agua que es una agencia interministerial e independiente (AIA, 2015a). Todo ello enmarcado en una rigurosa política de precios del agua donde las tarifas reflejan los costes reales del agua para asegurar el uso eficiente de los recursos hídricos. Para incentivar la reutilización del agua residual en el sector agrícola, las tarifas de este recurso son aproximadamente un 20% menores que las asociadas a fuentes convencionales de agua (AIA, 2016).

La mayor planta de tratamiento de agua residual de Israel (Shafdan) trata aproximadamente 125 millones de m³/año de agua residual proveniente de la ciudad de Tel Aviv. La planta realiza tratamiento secundario, el cual es pagado por los usuarios urbanos, siendo el efluente infiltrado en varios acuíferos artificiales que constituyen el tratamiento terciario requerido para la posterior reutilización del agua. Es importante destacar que la mayor par-

te del agua residual regenerada no se utiliza en el entorno de Tel Aviv sino que es transportada al área de Negev a través de un sistema complejo de tuberías y estaciones de bombeo. Además, el sistema de distribución del agua regenerada cuenta con diversos reservorios que permiten almacenar el agua residual regenerada para ser usada en distintas épocas del año (AIA, 2015b). Este ejemplo pone de manifiesto que la reutilización efectiva y exitosa de agua residual no solo requiere realizar un tratamiento, más o menos complejo, del agua residual, sino que es fundamental contar con infraestructura complementaria para el transporte del agua regenerada a las áreas de uso (áreas agrícolas) que habitualmente están lejos de las zonas de producción de agua residual. Además, se requiere de infraestructura de almacenamiento del agua regenerada para que ésta pueda ser usada cuando la disponibilidad de agua cruda es menor y la demanda de recursos es mayor (generalmente en verano).

3. La situación de la reutilización en España

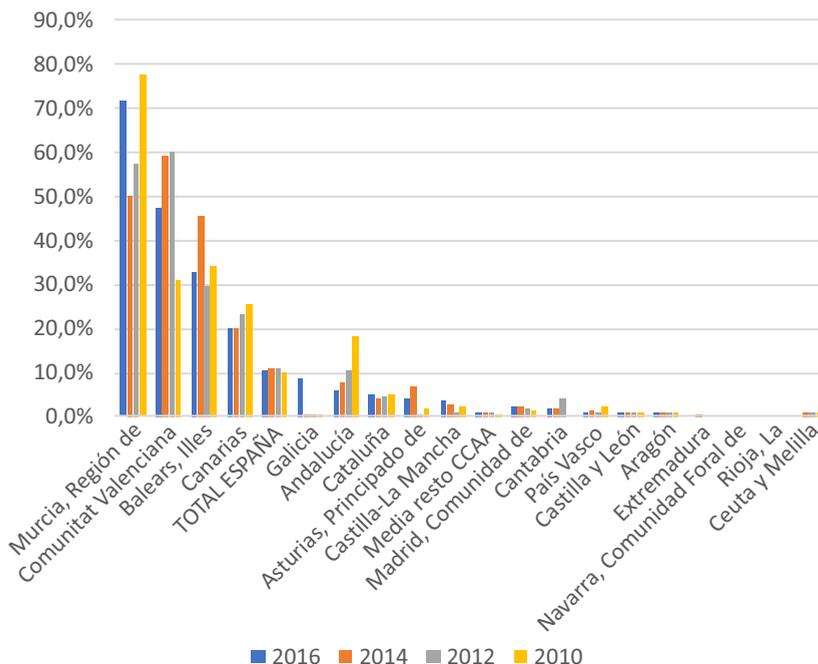
El modelo de gestión del ciclo urbano del agua en España muestra una gran fragmentación: las competencias son municipales y el número de municipios es muy alto (el mayor de la UE, tras Francia y Alemania). Es importante tener en cuenta que más del 90% de los municipios tienen menos de 20.000 habitantes y más de la mitad de ellos (4.955) tienen menos de 1.000 habitantes. Resulta evidente la existencia de oportunidades de agregación supramunicipal para la prestación de los servicios del agua, aprovechando sinergias a diferentes niveles (Delacámara *et al*, 2017).

En España, el régimen jurídico y administrativo del sector del agua garantiza la prestación de los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento desde los poderes públicos. Sin embargo, la fragmentación de competencias es tal que en la práctica el sector se encuentra hiper-regulado pese a la ausencia de un ente regulador supramunicipal, con un total de 8.127 municipios titulares de estos servicios. A éstos, se añaden las funciones que de forma subsidiaria se derivan de las agrupaciones de municipios (diputaciones, mancomunidades, etc.), las atribuciones competenciales de las Comunidades Autónomas en materia de salud pública, control de la contaminación del agua o régimen de intervención de precios, y las de la Administración General del Estado sobre la ordenación de los recursos hídricos a través de los organismos de cuenca (Delacámara *et al*, 2017).

Tal y como se observa en el Gráfico 3, el volumen de agua reutilizada en España entre los años 2010 y 2016 oscila entre 10,1% y el 11,1% del agua residual tratada, según el INE. Por lo tanto, se observa que, en términos generales, no se ha producido un incremento significativo en el uso de esta fuente alternativa de agua. Sin embargo, destacan 4 Comunidades Autónomas (Región de Murcia, Comunidad Valenciana, Islas Baleares e Islas Canarias) que, en media, superan ampliamente este porcentaje. Así, merecen destacarse las dos comunidades con un amplio sector de regadío en la agricultura como son la Región de Murcia y la Comunidad Valenciana, las cuales en 2016 reutilizaron el 71,8% y 59,3%, respectivamente de sus aguas residuales tratadas. Mientras que las Comunidades Autónomas insulares, por sus características específicas se ven forzadas a reutilizar una parte importante del agua

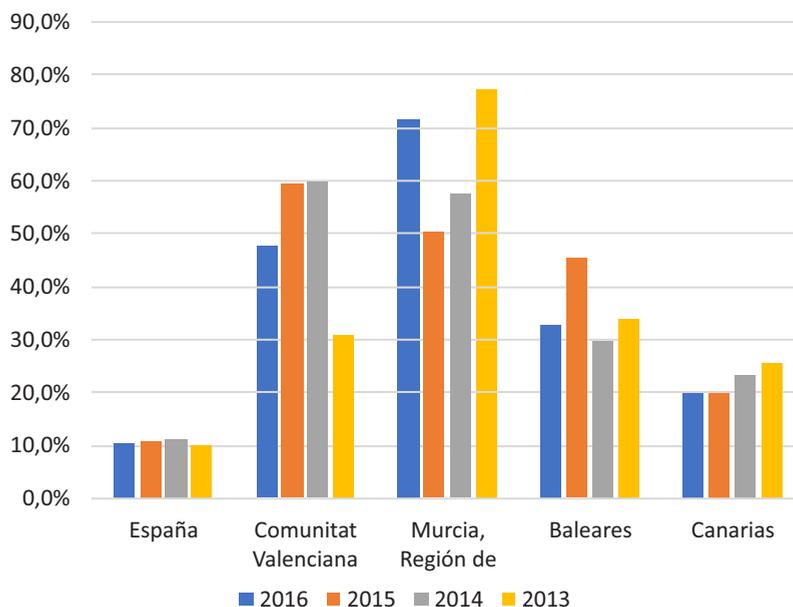
tratada para otros usos. El resto de las Comunidades Autónomas presentan valores muy bajos de reutilización de aguas residuales tratadas, siendo en algunos casos inexistente esta práctica.

Gráfico 3
Evolución en el porcentaje de agua residual reutilizada respecto a la tratada



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del INE.

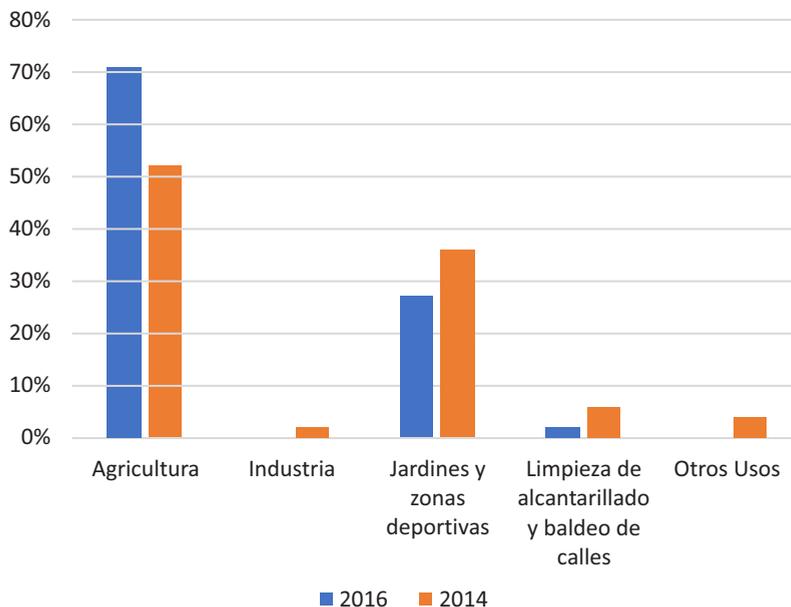
Analizando con mayor detalle, la evolución temporal de las 4 Comunidades Autónomas con mayor porcentaje de reutilización de agua residual (Ver Gráfico 4), se observa que existe una notable variabilidad entre los diferentes años sin evidenciarse ninguna tendencia.

Gráfico 4**Evolución en el porcentaje de agua residual reutilizada respecto a la tratada en las Comunidades Autónomas de Valencia, Murcia, Baleares y Canarias**

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del INE.

En relación al uso del agua reutilizada, el Gráfico 5, ilustra que la mayor parte del agua residual regenerada se usa para fines agrícolas (70% en el año 2016). Un porcentaje menos del agua reutilizada se utiliza para el riego de jardines y zonas deportivas (27%) y de forma mucho más minoritaria para la limpieza de alcantarillado y baldeo de calles.

Gráfico 5
Usos del agua residual reutilizada



Fuente: elaboración propia a partir de los datos del INE.

4. Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua

En mayo de 2020, se publicó el Reglamento del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua, que será aplicable a partir del 27 de junio de 2023 (2020/741/UE). Dentro de los considerandos del mismo, se contemplan los recursos hídricos de la UE como bien escaso que salvaguardar en un contexto de cambios adversos en el clima combinados con el aumento continuo del uso de agua para fines agrícolas, industriales y urbanos. Por tanto, se reconoce como objetivo fundamental del Reglamento aliviar esa escasez mediante el fomento del uso del agua regenerada por medio del establecimiento de unos requisitos mínimos armonizados que eviten trabas a la libre circulación de productos agrícolas que utilizarán este tipo de aguas en su proceso productivo. De hecho, al tener la forma jurídica de Reglamento, sus normas serán obligatorias y directamente aplicables, a diferencia de las Directivas que dan más flexibilidad para adaptarlas a la normativa de cada estado miembro. Además, ello también contribuirá a garantizar la seguridad del uso de las aguas regeneradas y a aumentar la confianza de la población en su utilización. No obstante, se reconoce que los estados miembros podrán emplear el agua regenerada para usos diferentes al riego agrícola, tales como el uso en el sector industrial, o con fines medioambientales y recreativos.

Todo en conjunto, perseguirá los fines de garantizar que las aguas regeneradas sean seguras para el riego, la salud humana y la animal, promover la economía circular, contribuir a los objetivos de la Directiva 2000/60/CE y al objetivo del Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. Además, el Reglamento, entre otros aspectos, también guarda coherencia y complementa las disposiciones de otros actos legislativos de la UE referidos a riesgos para la salud y el medio ambiente, regula controles rutinarios de calidad, establece normas genéricas para operadores de las estaciones regeneradoras, especifica el procedimiento de solicitud de permisos para la producción y suministro de aguas regeneradas, detalla las bases para el establecimiento de planes de gestión de riego, perfila el régimen de sanciones aplicable ante las infracciones, resalta la cooperación entre estados miembros a nivel transfronterizo y, también, prima el derecho de acceso a la información medioambiental por parte del público.

Aparte de lo anterior, lo referente a los requisitos mínimos estipulados en el Reglamento puede observarse en la sección 2 de su anexo I (2020/741 UE) (ver Tabla 1). En principio, existen diferencias en relación a la actual normativa vigente en España (RD 1620/2007), la cual, y en lo que a usos agrícolas se refiere, estaría especificada tal y como indica la Tabla 2.

Aunque las diferencias entre el Reglamento y el Real Decreto no son substanciales, sí se observan algunas que deben destacarse. En primer lugar, en el marco del Reglamento europeo se prevén cuatro categorías de calidades, en vez de las tres ya existentes en la normativa española. Así, la categoría A del Reglamento podría, aunque no del todo, asimilarse a la calidad 2.1 del Real Decreto español (el resto no mostrarían una asimilación tan directa). Además, la normativa europea distingue más niveles de calidades para los cultivos en relación al contacto directo o no del agua regenerada con la parte comestible del mismo e, incluso, del tipo de riego. De este modo, la categoría 2.1 de España, la dedicada a cultivos para la alimentación en crudo, quedaría más dividida en la normativa europea al distinguirse tres niveles (A, B y C) y no solo uno. Por su parte, la normativa española detalla más tipos de actividades para el riego de cultivos (por ejemplo, de carácter ornamental), si bien estos tipos se verían incluidos en epígrafes más genéricos dentro del Reglamento (por ejemplo, cultivos no alimenticios).

En lo que al consumo humano en crudo y con contacto directo con el agua regenerada se refiere, la legislación europea es más exigente en varios aspectos, reduciendo los niveles de tolerancia tanto en sólidos en suspensión, turbidez y *E. Coli*, además de añadir un nivel exigible de DBO_5 más estricto del que se impone en la normativa española (referido dentro de las normas de calidad ambientales —NCAs—). Sin embargo, no ocurre lo mismo con el nivel de Nematodos intestinales, pues la normativa europea no estipula nada en este nivel de calidad de aguas mientras que la equivalente española sí. En particular, la normativa europea solo incluye límites de Nematodos para aguas destinadas a cultivos de otros tipos (pastos y forrajes). Además, en la normativa española, también se considera otros patógenos, como la *Salmonella* (*también legionella*) en determinados casos, junto con otros tipos de contaminantes en el medio ambiente cuyos límites quedarían referenciados por los autorizados en vertidos de aguas residuales. De hecho, esta alusión al control de otros contaminantes de la legislación española se hace patente en el resto de categorías del uso del agua riego contempladas en la misma, al igual que su no existencia en el Reglamento.

Tabla 1
Requisitos de calidad del Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo (2020/741/UE) para la reutilización del agua regenerada en riego agrícola

Clase de calidad mínima de las aguas regeneradas	Categoría de cultivo	Método de riego	Tratamiento indicativo	Requisitos de calidad				Otros
				E. Coli (número/100 ml)	DBO ₅ (mg/l)	STS (mg/l)	Turbidez (UNT)	
A	Todos los cultivos de alimentos que se consumen crudos en los que la parte comestible está en contacto directo con las aguas regeneradas y los tubérculos que se consumen crudos	Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario, filtración y desinfección	≤10	≤10	≤10	≤5	
B	Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche.	Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario y desinfección	≤100				Legionella spp.: < 1.000 UFC/l cuando exista un riesgo de aerosolización. Ne-matodos intestinales (huevos de helmintos): ≤ 1 huevo/l para el riego de pastos o forraje.
C	Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche.	Riego por goteo u otro método de riego que evite el contacto directo con la parte comestible del cultivo	Tratamiento secundario y desinfección	≤1.000	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE	De conformidad con la Directiva 91/271/CEE		
D	Cultivos destinados a la industria y a la producción de energía y de semillas.	Todos los métodos de riego	Tratamiento secundario y desinfección	≤10.000				

Fuente: 2020/741 UE.

Abreviaturas: STS: Sólidos Totales en Suspensión. UNT: Unidad Nefelométrica de Turbidez. UFC: Unidades Formadoras de Colonias.

Tabla 2
Requisitos mínimos del Real Decreto 1620/2007 para la reutilización del agua regenerada en riego agrícola en España

Calidad y uso del agua previsto	Valor máximo admisible (VMA) para usos agrícolas				
	Nematodos intestinales	E. Coli (ufc: unidades formadoras de colonias)	Sólidos en suspensión	Turbidez	Otros criterios
<p>CALIDAD 2.1.</p> <p>a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco.</p>	<p>1 huevo/10 L</p>	<p>100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases con los siguientes valores: n = 10 m=100 UFC/100 mL M=1.000 UFC/100 mL c=3</p>	<p>20 mg/L</p>	<p>10 UNT</p>	<p>OTROS CONTAMINANTES Contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. Legionella spp. 1.000 UFC/L (si existe riesgo de aerosolización) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (Salmonella, etc.) cuando se repita habitualmente que e=3 para M=1.000.</p>
<p>CALIDAD 2.2</p> <p>a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior (<i>trasnformados</i>).</p> <p>b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne.</p>	<p>1 huevo/10 L</p>	<p>100 UFC/100 mL Teniendo en cuenta un plan de muestreo a 3 clases con los siguientes valores: n = 10 m=1.000 UFC/100 mL M=10.000 UFC/100 mL c=3</p>	<p>35 mg/L</p>	<p>No se fija límite</p>	<p>OTROS CONTAMINANTES Contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. Taenia saginata y Taenia solium: 1 huevo/L (si se riegan pastos para consumo de animales productores de carne) Es obligatorio llevar a cabo la detección de patógenos Presencia/Ausencia (Salmonella, etc.) cuando se repita habitualmente que e=3 para M=10.000</p>
<p>CALIDAD 2.3</p> <p>a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana.</p> <p>b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones.</p> <p>c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.</p>	<p>1 huevo/10 L</p>	<p>10.000 UFC/100 mL</p>	<p>35 mg/L</p>	<p>No se fija límite</p>	<p>OTROS CONTAMINANTES contenidos en la autorización de vertido de aguas residuales: se deberá limitar la entrada de estos contaminantes al medio ambiente. En el caso de que se trate de sustancias peligrosas deberá asegurarse el respeto de las NCAs. Legionella spp. 100 UFC/L</p>

Fuente: RD 1620/2007. BOE-A-2007-21092.

Abreviaturas: NCAs: Normas de Calidad Ambientales. n: n.º de unidades de la muestra. m: valor límite admisible para el recuento de bacterias. M: valor máximo permitido para el recuento de bacterias. c: número máximo de unidades de muestra cuyo número de bacterias se sitúa entre m y M.

Por su parte, el riego de cultivos para consumo en crudo sin contacto directo con el agua regenerada por la parte comestible, solo quedaría legislado en el ámbito comunitario (distinguiendo el uso de cualquier tipo de riego —caso B— o de goteo —caso C—), no pudiendo, por tanto, establecer comparativa. Junto a este tipo de cultivos considerado en los casos B y C, y con el mismo nivel de exigencia de calidad, también aparecen el cultivo de alimentos transformados y forrajes para ganado. En relación a los alimentos transformados, para los la legislación española no distingue la ausencia o presencia de contacto con el agua (meramente señala que no se evite), las diferencias normativas no serían tan acentuadas como en casos previos. Así, en la legislación española, el nivel de Nematodos intestinales seguiría apareciendo, añadiéndose ahora niveles máximos de *Taenia saginata* y *solium* que no señala el Reglamento. Por otro lado, el límite de DBO_5 que la normativa europea señala de forma explícita, la española lo incluye de forma implícita al estar regulado por la misma Directiva 91/271/CEE. No obstante, para el caso de los forrajes para ganado, la normativa española distingue un tipo especial (forraje ensilado —preservado por fermentación—) para el que los requisitos son menos estrictos y que no son diferenciados en el Reglamento europeo. El resto de forrajes está incluido como pastos y se incluyen en la misma categoría que transformados, ocurriendo ahora que el Reglamento sí contempla niveles máximos de Nematodos que son menos restrictivos que los españoles.

Finalmente, el resto de cultivos (semillas y no alimenticios, fundamentalmente) también tendrían una consideración particular en cada contexto normativo. Por un lado, en el caso de las semillas, la conclusión sería similar a la ya comentada para los alimentos transformados. De este modo, a pesar de haber diferencias, existiría un trato similar. En particular, los parámetros no serían muy diferentes salvo por el hecho de que la normativa española ya no contemplaría ninguna medida relacionada con *Taenia saginata* y *solium*, pero sí de *Legionella*, la cual también incluye la legislación europea en caso de riesgo de aerosolización (1.000 frente a 100 UFC/l). Por otro lado, respecto al riego de cultivos no alimenticios (ornamentales en España y no alimenticios en Europa), si bien su denominación queda algo amplia, la comparativa resultaría mucho más exigente a nivel europeo en lo referente a *E. Coli*, pero el nivel de Nematodos del Reglamento no afectaría a estos cultivos.

En suma, puede observarse que existen diferencias entre ambas normativas, tanto desde el punto de vista de la nomenclatura empleada como de los niveles de calidad exigidos. Por tanto, y con el objetivo de adoptar la normativa europea, habrá que someter a una adaptación a la española. El primer paso, sería asimilar los diferentes casos de cultivos contemplados en ambas normativas. En un segundo paso, habría que adoptar aquellos criterios de calidad que fueran más exigentes en el Reglamento para que la normativa española los recoja.

4. Economía de la reutilización

Aunque la puesta en marcha de proyectos de reutilización está totalmente justificada en términos de objetivos, no siempre es posible justificar su viabilidad económica. En este

sentido cabe plantearse cuestiones como, ¿quién debería pagar los proyectos de reutilización de agua? ¿Deberían pagar solo los usuarios o todos los beneficiarios deberían contribuir a los costes?

Teniendo en cuenta los costes de regeneración del agua y las tarifas pagadas por los usuarios, es obvio que en la mayoría de los casos se necesita cierto grado de subsidio para recuperar los costes totales. Por ejemplo, en Israel, los proyectos de reutilización de agua para fines agrícolas están altamente subsidiados. El estado israelí paga por transportar, bombear y acumular agua regenerada y por actualizarla a un «nivel de alta calidad». En los Estados Unidos además del precio pagado por los usuarios, las empresas de servicios de agua reciben ingresos para cubrir los costes operativos de regeneración de agua (Hanjra *et al.*, 2015).

Resulta conocido que el principio de recuperación de costes no se cumple en la mayoría de los proyectos de reutilización de agua. El primer paso para alcanzar este objetivo sería identificar las barreras que impiden el establecimiento de tarifas que permitan la cobertura de costes en este tipo de actuaciones. En general, el principio de quien contamina paga es aceptado por los usuarios urbanos e industriales acostumbrados a pagar por los servicios de saneamiento. Sin embargo, esto no ocurre en el caso del sector agrícola por falta de experiencia en el pago por el uso del agua. Por lo tanto, sería muy recomendable desarrollar campañas de concienciación y educación ambiental dirigidas a los agricultores. La distinta sensibilidad ante la fijación de precios es difícil de evaluar dada la variedad de usuarios de agua regenerada.

Por otro lado, el sector agrícola presenta una amplia variedad de situaciones. Por ejemplo, la respuesta de los agricultores a los cambios en las tarifas está condicionada por aspectos como la existencia de derechos de agua, la productividad de los cultivos o la existencia de mercados de agua. Por lo tanto, antes de aplicar una política de precios, es necesario estudiar caso por caso (Dinar, 2000). En general, para tomar medidas en relación con el precio del agua, que incluye el agua regenerada, es importante analizar la elasticidad de la demanda para cada uso (Hernández *et al.*, 2015). De lo contrario, puede ser que las medidas adoptadas no conduzcan a los resultados esperados.

Otro aspecto clave que dificulta mucho la recuperación total de los costes de los proyectos de reutilización del agua es el bajo precio del agua potable, que está subsidiado en la mayoría de los casos. Para fomentar el uso de agua regenerada, las tarifas deberían ser significativamente más reducidas que las del agua potable. Tsagarakis y Georgantzis (2003) mostraron que la voluntad de los agricultores de utilizar el agua regenerada estaba fuertemente motivada por la diferencia de precios entre el agua convencional y la regenerada.

La reutilización del agua no solo contribuye a aumentar la disponibilidad de los recursos hídricos, sino que también genera importantes beneficios ambientales. Sin embargo, la valoración de estos beneficios a menudo no es fácil y supone una barrera a la hora de justificar políticas de inversión y mecanismos de financiación adecuados para promover los proyectos de reutilización de agua. La cuantificación monetaria de estos beneficios a través

de diversas técnicas resulta clave para demostrar la utilidad y viabilidad de este tipo de actuaciones.

El uso en agricultura de agua regenerada es una opción que se está estudiando, aunque se encuentra todavía poco implementada en regiones con escasez de agua, poblaciones urbanas crecientes y con una mayor demanda de agua de riego. Sería importante contemplar esta alternativa como parte de un proceso de planificación integral en la asignación de recursos hídricos para lograr una utilización del agua más eficiente y sostenible desde el punto de vista económico.

El uso del agua regenerada para el riego de cultivos permite liberar recursos hídricos convencionales y ser dedicados a usos que requieran una mayor calidad del agua. Sin embargo, es obvio que los agricultores únicamente aceptarán el efluente de las depuradoras en sustitución del agua superficial o subterránea si obtienen ventajas de ello. Resulta fundamental el papel de las autoridades tanto para demostrar la existencia de ventajas como para apoyar la adopción de este tipo de acuerdos de intercambio entre las comunidades de regantes y las autoridades locales, por ejemplo.

En este contexto, hay evidencia que muestra que los agricultores son reacios a pagar más por el agua, pero también de que están dispuestos a pagar más por la seguridad hídrica. Considerando un precio promedio de 0,16-0,18 €/m³, la disposición a pagar por recursos alternativos en zonas con aguas subterráneas sobreexplotadas subiría hasta 0,24 €/m³. El coste de extraer agua de un acuífero está en promedio (y dependiendo del coste energético) en 0,21 €/m³, que podría llegar a 0,74 €/m³ en situaciones extremas (Delacámara *et al*, 2017).

El coste de no reutilizar el agua residual regenerada implica varios ítems como son el coste derivado de la falta de garantía en el abastecimiento de agua; las dificultades para el riego; la sobreexplotación de acuíferos; la falta de caudal y calidad en los ríos. Únicamente a través de la valoración monetaria de la totalidad de estos efectos mediante métodos fiables podremos disponer de una percepción realista del elevado coste de no actuar en materia de reutilización.

De cara a afrontar esta valoración se requiere tener una visión integral no cortoplacista de la gestión del agua. Para garantizar la viabilidad de la reutilización requiere abordarse bajo un enfoque estructural y no como actuaciones puntuales de carácter coyuntural. En otras palabras, una depuradora debe ser considerada como una fuente de agua de calidad y, como tal, debe incluirse dentro de la estrategia de adaptación al cambio climático contribuyendo a paliar los efectos de la escasez hídrica. Para garantizar la viabilidad de la reutilización en un ámbito territorial (por ejemplo, incluyendo varias instalaciones en una misma cuenca) deben incorporarse las plantas depuradoras como fuentes de agua dentro de la planificación hídrica y, por otro, utilizar el sistema tarifario para la financiación de las inversiones requeridas.

5. Conclusiones

En un contexto de escasez hídrica e incremento de la demanda de agua, la reutilización de agua residual tratada se vislumbra como una excelente fuente alternativa de recursos hídricos. No obstante, a pesar de los esfuerzos normativos y en el ámbito de las políticas públicas, a nivel europeo, el volumen de agua reutilizada se ha mantenido en valores muy bajos ya que sólo el 3% del agua residual tratada es reutilizada. Además, se observan importantes desigualdades entre países destacando el caso de España que reutiliza aproximadamente el 75% del total de agua de la UE. En el ámbito de la reutilización de agua, Israel se presenta como un caso paradigmático donde aproximadamente se reutiliza el 85% del agua residual tratada bajo una política de largo plazo y cooperación público-privada.

A nivel nacional, la reutilización de agua todavía es incipiente ya que sólo el 12% del agua residual tratada se reutiliza. En este sentido, también se observan importantes diferencias entre Comunidades Autónomas destacando el elevado porcentaje de reutilización de la Región de Murcia (72%) y de la Comunidad Valenciana (59%). En relación al uso del agua reutilizada, ésta se destina fundamentalmente para el riego agrícola (70% en el caso español).

Dada esta predominancia de las aguas reutilizadas en el sector agrícola, recientemente la UE ha adoptado el Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo (2020/741/UE) para la reutilización del agua regenerada en riego agrícola cuyo objetivo es garantizar que las aguas regeneradas sean seguras para el riego, la salud humana, y la animal, promover la economía circular y contribuir al desarrollo sostenible. En este sentido, España cuenta desde el año 2007 con un Real Decreto que regula la reutilización del agua regenerada (RD 1620/2007). Si bien las diferencias entre el Reglamento europeo y el Real Decreto nacional no son substanciales, si existen. Es por ello, que España deberá adaptar la normativa vigente al Reglamento de la Comisión tan pronto como esté en vigor. Ello supondrá un reto de adaptación que deberá aprovecharse como una oportunidad de mejorar la imagen de nuestros productos agrícolas y su nivel de penetración en el mercado europeo.

Finalmente, el elevado coste de tratamiento y regeneración del agua residual se ha identificado como una barrera para su reutilización. En este sentido, la adopción de políticas públicas y sistemas tarifarios debe considerar y valorar los beneficios ambientales y otras externalidades positivas que se derivan de la reutilización del agua. Para ello, es fundamental adoptar política a largo plazo donde el agua reutilizada constituye una fuente adicional a las fuentes hídricas convencionales en la planificación hídrica de las cuencas hidrográficas.

Bibliografía

AIA (Autoridad Israelí del Agua) (2015a). «The wastewater and treated effluents infrastructure development in Israel». Disponible en: <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/03-The%20Wastewater%20and%20Treated%20Effluents%20Infrastructure%20Development%20in%20Israel.pdf>.

- AIA (Autoridad Israelí del Agua) (2015b). «Wastewater & Effluents in Israel. Monitoring and prevention of water pollution». Disponible en: <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/08-Monitoring%20and%20Prevention%20of%20Water%20Pollution%20-%20Wastewater%20and%20Effluents%20Sector%20in%20Israel.pdf>.
- AIA (Autoridad Israelí del Agua) (2016). «Economics aspects in water management in Israel. Policy & Prices». Disponible en: <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/10-Israel-Water-Sector-Economics-Policy-and-Tariffs.pdf>.
- Delacámara, G., Arenas, M., Marhubi, A. y Rodríguez, M. (2017). *El sector del abastecimiento y saneamiento urbano en España*. Fundación de Isabel II. Madrid.
- Dinar, A. (2000). *The political economy of water pricing reforms*. The World Bank. Washington.
- Gheraout, D. (2017). «Water Reuse (WR): The Ultimate and Vital solution for Water Supply Issues». *International Journal of Sustainable Development Research*, núm. 3(4), pp. 36-46.
- Helmecke, M., Fries, E., Schulte, C. (2020). «Regulating water reuse for agricultural irrigation: risks related to organic micro-contaminants». *Environmental Sciences Europe*, núm. 32(4), pp. 1-10.
- Hernández-Sancho, F., Molinos-Senante, M., Sala-Garrido, R. (2015). «Pricing for Reclaimed Water in Valencia, Spain: Externalities and Cost Recovery», en Dinar, A., Pochat, V., Albiac, J. (eds.): *Water Pricing Experiences and Innovations*. Springer International Publishing, pp. 431-443.
- Hanjra, M. A., Drechsel, P., Mateo-Sagasta, J., Otoo, M. y Hernández-Sancho, F. (2015). «Assessing the Finance and Economics of Resource Recovery and Reuse Solutions Across Scales», en Drechsel, P., Qadir, M. y Wichelns, D. (eds.), *Wastewater: Economic Asset in an Urbanizing World*. Springer, pp. 113-136.
- Jodar-Abellán, A., López-Ortiz, I., Melgarejo-Moreno, J. (2019). «Wastewater Treatment and Water Reuse in Spain. Current Situation and Perspectives». *Water*, núm. 11, pp. 1-23.
- Lazarova, V., Stumy, V., Catimal, R., Sao, Y. C., Sang, G. T. (2007). «The role of water reuse for the sustainable development of tourist areas». *L'Eau, L'Industrie, Les Nuisance*, núm. 307, pp. 59-71.
- Molinos-Senante, M., Gémar, G., Gómez, T., Caballero, R., Sala-Garrido, R. (2016). «Eco-efficiency assessment of wastewater treatment plants using a weighted Russell directional distance model». *Journal of Cleaner Production*, núm. 137, pp. 1066-1075.
- Rizzo, L., Gernjak, W., Krzeminski, P., Malato, S., McArdell, C. S., Sánchez-Pérez, J. A., Schaar, H., Fatta-Kassinos, D. (2020). «Best available technologies and treatment trains to address current challenges in urban wastewater reuse for irrigation of crops in EU countries». *Science of the Total Environment*, núm. 710(25), pp. 1-17.
- Sala-Garrido, R., Molinos-Senante, M., Hernández-Sancho, F. (2012). «How does seasonality affect water reuse possibilities? An Efficiency and Cost Analysis». *Resources, Conservation and Recycling*, núm. 58, pp. 125-131.
- Tsagarakis, K. P. y Georgantzis, N. (2003). «The role of information on farmers' willingness to use recycled water for irrigation». *Water Science and Technology: Water Supply*, Vol. 3, N.º 4, pp. 105-113. IWA Publishing.

UNDP (2006). «Human Development Report 2006: Beyond scarcity — Power, poverty and the global water crisis». New York.

Unión Europea (2011). «Escasez de agua y sequía en la Unión Europea». Disponible en: https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/water_scarcity/es.pdf.