



REUTILIZACIÓN: SOSTENIBILIDAD DEL CICLO INTEGRAL DEL AGUA

REUSE: SUSTAINABILITY OF THE WATER INTEGRAL CYCLE

MÁSTER UNIVERSITARIO EN HIDROLOGÍA Y GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Presentado por:

D^a MARÍA TERESA MÉNDEZ RUIZ

Dirigido por:

Dra. D^a IRENE DE BUSTAMANTE

Alcalá de Henares, a 10 de septiembre de 2019

ÍNDICE

Resumen.....	7
1. Introducción.....	8
2. Evolución histórica.....	10
3. Implantación a nivel mundial.....	6
3.1. California.....	11
3.2. Israel.....	12
3.3. Singapur.....	13
3.4. España.....	14
4. Medidas institucionales y marco legal.....	22
4.1. Marco Internacional.....	22
4.2. Marco Europeo.....	25
4.3. Marco Español: hitos.....	35
5. Calidad asociada a los usos. Comparativa de la normativa propuesta por la Comisión Europea y la regulación española.....	35
6. Discusión.....	39
7. Conclusiones.....	46
8. Bibliografía.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ciclo del agua en Singapur</i>	14
Figura 2. <i>Volumen de aguas residuales tratadas en 2016</i>	15
Figura 3. <i>Volumen total de aguas reutilizadas en 2016</i>	15
Figura 4. <i>Índice estrés hídrico en Europa</i>	29
Figura 5. <i>Escenario de previsión de agua reutilizada para el 2025</i>	30
Figura 6. <i>Orden de preferencias en la solicitud</i>	38
Figura 7. <i>Distribución de responsabilidades en la calidad y la inspección</i>	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Resumen de reutilización en la CHS</i>	16
Tabla 2. <i>Medidas de reutilización por demarcación hidrográfica y por Comunidades Autónomas</i>	41
Tabla 3. <i>Tipos de calidad según los límites bacteriológicos del RD de reutilización</i>	43
Tabla 4. <i>Tipos de calidad según el tipo de cultivo y método de riego propuesto por la CE</i>	44
Tabla 5. <i>Requisitos mínimos de calidad de las aguas UE</i>	45
Tabla 6. <i>Categorías de calidad asociadas al tipo de cultivo España</i>	45
Tabla 7. <i>Criterios de calidad asociada a los usos España</i>	46

TABLA DE ABREVIATURAS

AEMA/EEA: Agencia Europea de Medio Ambiente/ European Environment Agency

AEDyR: Asociación Española de Desalación y Reutilización

Asersagua: Asociación Española de Reutilización sostenible del Agua

CE: Comisión Europea

DMA/WFD: Directiva Marco del Agua/ Water Framework Directive

ETAP: Estación de Tratamiento de Agua Potable

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales

ERA: Estación Regeneradora de Aguas

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

IDA: International Desalination Association. Asociación Internacional de Desalinización

INE: Instituto Nacional de Estadística

ISO: International Organization for Standardization. Organización internacional de estandarización.

JRC/CCI: Joint Research Centre (European Commission) / Centro común de investigación (CE)

MITECO: Ministerio para la Transición Ecológica

OMS: Organización Mundial de la Salud

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PNUMA: Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

UE: Unión Europea

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

WISE: Sistema de Información sobre el Agua para Europa

WWAP: Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (UNESCO)

RESUMEN

El presente estudio se encuadra dentro de una revisión bibliográfica sobre la reutilización del agua que abarca el contexto histórico, haciendo un recorrido por los hitos más importantes a nivel internacional, Europeo y Español; sintetiza el marco legal dentro de un enfoque europeo y español; analiza la situación actual de la reutilización del agua tratada para distintos usos identificando aspectos relevantes para su completa implantación; se plantean los retos a futuro.

La mejora de tratamientos de aguas residuales, una mayor reutilización y la recuperación de los subproductos son factores que fomentan la transición hacia una Economía Circular, al permitir reducir las extracciones de agua y la pérdida de recursos en los sistemas de producción y las actividades económicas.

En términos generales la Economía Circular del agua pretende convertir el agua ya usada en una nueva fuente del recurso.

Los resultados de este trabajo muestran la importancia de estos eventos en la correcta gestión de los recursos hídricos, haciendo posible la sostenibilidad de dicha gestión.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida humana, la naturaleza y la economía. El agua se renueva permanentemente, pero es un bien finito, que no puede obtenerse a partir de otros recursos o ser sustituido por otros recursos. El agua dulce constituye solo aproximadamente el 2% del agua del planeta y demandas competidoras pueden llevar a un déficit de la oferta de agua a nivel mundial que se estima en el 40% para 2030 (CE, 2012).

La mayoría de las actividades humanas que utilizan agua generan aguas residuales. A medida que crece la demanda global de agua, el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación se encuentran en constante aumento en todo el mundo.

En todos los países, excepto los más desarrollados, la mayor parte de las aguas residuales se vierte directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado. Esto tiene repercusiones negativas en la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos de agua dulce ambiental y los ecosistemas.

Ante una demanda en constante crecimiento, las aguas residuales están cobrando impulso como una fuente alternativa y confiable de agua. Se aprecia un cambio de paradigma en la gestión de aguas residuales, la cual pasa de un mero “tratamiento y eliminación” a contemplar la “reutilización, reciclado y recuperación de recursos”. En este sentido, las aguas residuales ya no se consideran un problema que necesita solución, sino que son parte de la solución ante las dificultades que hoy enfrentan comunidades.

Las aguas residuales también pueden ser una fuente rentable y sostenible de energía, nutrientes y materia orgánica, entre otros subproductos útiles. Los potenciales beneficios de la extracción de dichos recursos van mucho más allá de la salud humana y medioambiental, con posibles repercusiones en la seguridad alimentaria y energética, así como también en la mitigación del cambio climático. En el contexto de una economía circular, donde se busca un equilibrio entre el desarrollo económico, la protección de los recursos naturales y la sostenibilidad ambiental, las aguas residuales y la sostenibilidad ambiental, las aguas residuales constituyen un recurso abundante y valioso (WWAP, 2017).

La edición de 2019 del Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos se titula *‘No dejar a nadie atrás’* y pretende informar a los responsables de políticas y de toma de decisiones, tanto dentro como fuera de la comunidad hídrica, sobre como la mejora en la gestión de recursos hídricos y el acceso al suministro de agua y a los servicios de saneamiento son esenciales para combatir la pobreza, construir sociedades más prosperas y pacíficas, y asegurar que nadie se quede atrás en el camino hacia el desarrollo sostenible.

La disponibilidad de agua depende de la cantidad de agua físicamente disponible y de cómo se almacena, maneja y distribuye a distintos usuarios. Incluye aspectos relacionados con la gestión de las

aguas superficiales y subterráneas, así como el reciclaje y reutilización del agua.

El agua es esencial para la producción agrícola y la seguridad alimentaria. Es el elemento vital de los ecosistemas –incluidos los bosques, lagos y humedales–, de los que depende nuestra seguridad alimentaria y nutricional presente y futura. Sin embargo, nuestros recursos de agua dulce están disminuyendo a un ritmo alarmante. La creciente escasez de agua es ahora uno de los principales retos para el desarrollo sostenible. Este desafío se hará más apremiante a medida que la población mundial siga creciendo, su nivel de vida aumente, las dietas cambien y los efectos del cambio climático se intensifiquen.

Los datos disponibles sugieren que dos tercios de la población mundial podrían estar viviendo en países con estrés hídrico para el año 2025 si continúan los patrones de consumo actuales.

Cuando el tratamiento de aguas residuales, además de aportar beneficios para la salud y el medio ambiente, implica rentabilidad financiera, podemos decir que el uso de aguas residuales ofrece una **propuesta de doble valor**. El volumen de las fuentes de ingresos dependerá de los tipos de recursos que recuperemos de las aguas residuales. El uso de aguas residuales se torna una opción más competitiva si el precio del agua dulce refleja el costo de oportunidad por su utilización, mientras los recargos por contaminación reflejan los costos de eliminación de los contaminantes de los flujos de aguas residuales, sin mencionar el posible costo de la inacción.

El tratamiento de aguas residuales ha seguido esencialmente un «modelo de negocio social». Su principal argumento económico se centra en la protección de la salud pública y el medio ambiente.

Sin embargo, hay una gran variedad de opciones para pasar de un «modelo de ingresos» a un «modelo de negocios», donde la recuperación de costes y valor ofrecen una importante ventaja desde el punto de vista económico, no solo con la participación del sector privado sino también del público.

Las transferencias intersectoriales de agua o swaps (intercambio comercial de fuentes de abastecimiento de agua) buscan, por ejemplo, brindar a los productores agua tratada para el riego a cambio de agua dulce para usos domésticos e industriales. Este modelo de negocios también puede aplicarse a los swaps de agua con otros usuarios que tengan un alto consumo, por ejemplo, los campos de golf. Los swaps de agua no aumentan la disponibilidad total del recurso, pero permiten asignar el suministro de agua dulce a aquellos fines de tengan un valor más alto.

La posibilidad de recuperar costes con el uso de aguas residuales aumenta cuanto mayor sea el nivel de tratamiento, lo cual equivale a una mejor calidad de agua y/o la posibilidad de recuperar recursos y materiales adicionales. La posibilidad de recuperar varios productos de las aguas residuales genera nuevas oportunidades, mejora los ingresos y posiciona al negocio en un mejor nivel de la escala de propuestas de valor económico.

En la actualidad, las oportunidades de recuperación de nutrientes y energía se encuentran entre las más avanzadas en cuanto a la viabilidad técnica y económica. No obstante, queda mucho margen para

mejorar estos procesos y colectivamente estos avances generarán nuevas oportunidades para la recuperación de costes en la gestión y reutilización de aguas residuales.

A la hora de hablar de reutilización de aguas residuales podemos distinguir entre una reutilización indirecta o directa. La primera de ellas es aquella en la que se produce el vertido de efluentes a los cursos de agua y éstos se diluyen con el caudal circulante que, tras su paso por el dominio público hidráulico, es objeto de su uso posterior. La reutilización directa es aquélla en que el segundo uso se produce a continuación del primero, sin que entre ambos el agua se incorpore a dominio público hidráulico. Por ello también se denomina reutilización no planificada a la primera y a la segunda planificada (Confederación Hidrográfica del Segura, 2019).

Otro término que va a aparecer a lo largo de la exposición de este trabajo es el de aguas recicladas, que en España la guía de aplicación del Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, define como el agua utilizada más de una vez en el mismo lugar antes de ser vertida al ciclo hídrico. Un ejemplo lo podemos observar en las industrias.

2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA

La aplicación de las aguas residuales a la agricultura es, con mucho, la más antigua y extendida de las prácticas relativas a los vertidos urbanos. Los primeros documentos históricos que hacen referencia a esta utilización se relacionan con la antigua Atenas y, con posterioridad, existen numerosos datos relativos al empleo del agua residual en riego, especialmente en las pequeñas y medianas comunidades de economía agrícola.

Realizando un recorrido por la historia, podríamos decir que el origen de la reutilización del agua se remonta a miles de años atrás. Empezó alrededor del año 3000 a.c. y la historia, desde entonces, se puede dividir en tres etapas: época inicial (3000 a.c.-1850 d.c), época de gran avance sanitario (1850-1950) y época de la reutilización (1950-actualidad) (Sáez Mercader, 2010).

Existen indicaciones del uso del agua residual en riego agrícola que se remontan a hace 3000 años con la Civilización Minoica en Creta, Grecia. En la Edad Media eran frecuentes las aplicaciones para diferentes usos, de aguas residuales y excretas en las pequeñas colectividades. En los países islámicos es muy antigua la costumbre de regar con aguas residuales, aunque era necesario eliminar previamente las impurezas asimiladas a los sólidos en suspensión. En Bunzlau (Alemania) hay constancia de un sistema de regadío con aguas residuales, en funcionamiento durante más de 400 años, desde 1559. En los países asiáticos existe tradición milenaria en la aplicación de abonos orgánicos a la agricultura, que son obtenidos a partir de aguas residuales y excretas.

En el segundo periodo, comprendido entre 1850 y 1950 se produce el gran avance sanitario. El control de la epidemia de cólera en Londres; el desarrollo de la teoría sobre la prevención de la fiebre tifoidea;

así como los avances de la microbiología, el uso del cloro como desinfectante y el conocimiento de la cinética de la desinfección, marca un punto de inflexión en la ingeniería sanitaria. En esta época se desarrollan en Inglaterra los primeros procesos biológicos de depuración de las aguas residuales (lechos bacterianos, 1893 y fangos activados, 1914) (Sáez Mercader, 2010).

La reutilización planificada del agua empezó en 1912 en Estados Unidos, concretamente en los estados de Arizona y California, destinando el agua para fines agrícolas. En Colorado y Florida se desarrollaron sistemas para la reutilización en usos urbanos. La normativa sobre la reutilización se inicia en California en la misma época (1918). A partir de 1965, esta normativa impulsa de manera decisiva la regeneración, el reciclaje y la reutilización de las aguas residuales.

La tercera etapa, que abarca desde la década de los 50 del siglo XX hasta nuestros días, es considerada como la época de la regeneración, reciclaje y reutilización de las aguas residuales. Los avances tecnológicos en los procesos físicos, químicos y biológicos en las aguas, incluidas las residuales, durante la primera mitad del siglo XX condujeron a la era contemporánea de la regeneración y reutilización del agua, teniendo sus comienzos en 1950 (Isabel Martín García fundación CENTA, 2014).

Con la rápida evolución de la innovación y el desarrollo tecnológico, existe un impulso cada vez mayor en pos de un cambio de paradigma hacia la gestión de aguas como componente de una economía circular. En lugar de considerar la reutilización de agua como un agregado costoso en las plantas de tratamiento de aguas, suscita cada vez más atención la idea de transformarlas en «fábricas de recuperación de recursos» que utilicen aguas residuales y lodos como materia prima y que recuperen productos valiosos para luego comercializarlos a usuarios finales (WWAP, 2017).

3. IMPLANTACIÓN A NIVEL MUNDIAL

Según AEDyR las perspectivas de crecimiento de la reutilización de agua son enormes a nivel mundial. De hecho, algunas previsiones apuntan a que su uso irá en aumento e incluso, en poco tiempo, el volumen de agua reutilizada en el mundo podría sobrepasar al de agua desalada.

Estados Unidos, Singapur o Israel son claros ejemplos en los que la reutilización de agua forma parte integral de sus recursos hídricos.

En los últimos años, países de Asia como China o India, la reutilización, principalmente de aguas industriales pero también a nivel municipal, están convirtiéndose en una gran prioridad.

En Europa, además de en España, el uso de la reutilización se concentra mayoritariamente en los países de la Cuenca Mediterránea: Francia, Italia, Grecia, Malta y Chipre. Curioso es el caso de Chipre, que reutiliza más del 90% de sus aguas residuales, a pesar de que el volumen es más bajo que en otros países.

En países del norte y centro de Europa, como Bélgica, Reino Unido, Alemania o Dinamarca el uso de la

reutilización es menor y se concentra mayoritariamente en el ámbito industrial.

España es el líder europeo en reutilización de agua, dado que es el país que más volumen de agua reutilizada produce, y ocupa la quinta posición a nivel mundial en cuanto a capacidad de reutilización instalada. La innovación juega un papel muy importante en el desarrollo y crecimiento de esta aplicación

3.1. CALIFORNIA (<https://www.ocwd.com/what-we-do/water-reuse/>, 2019)

El sistema de reposición de agua subterránea del condado de Orange es el sistema de purificación de agua más grande del mundo para reutilización indirecta de agua potable.

En el sur de California, la emergencia es una amenaza menor para el Condado de Orange que para sus vecinos en el Condado de Los Ángeles, el Condado de San Diego y Riverside.

En el Condado de Orange, Anaheim, Santa Ana, Irvine y otras ciudades apoyan la gestión inteligente del agua a nivel regional con un amplio reciclaje y una tecnología líder en el mundo para el nexo agua-energía. El Distrito de Agua del Condado de Orange (OCWD, por sus siglas en inglés) desempeña un papel importante en el suministro de agua a los 2,5 millones de personas de la región, junto con los intereses agrícolas, gubernamentales y de la industria.

Se han reciclado más de 250 mil millones de galones de agua potable limpia (aproximadamente 947 hm³). El sistema de reposición de agua subterránea (GWRS, por sus siglas en inglés) es el sistema de purificación de agua más grande del mundo para reutilización potable indirecta. Un proyecto conjunto entre OCWD y el Distrito de Sanidad del Condado de Orange, que proporciona suministros de agua que se agregan a la Cuenca de Aguas Subterráneas del Condado de Orange.

El sistema toma 200 millones de galones (758 000 m³) diarios de aguas residuales que anteriormente se habrían descargado en el Océano Pacífico y lo purifica a través de unos procesos que eliminan las impurezas y los productos químicos; luego utiliza filtración natural, microfiltración, ósmosis inversa y luz ultravioleta con peróxido de hidrógeno; y finalmente recarga las aguas subterráneas existentes. Los habitantes del Condado de Orange beben parte del agua más limpia del mundo. El agua GWRS también se inyecta en los pozos de la barrera costera para mantener el agua de mar fuera de la cuenca

3.2. ISRAEL

Este país del Oriente Medio, condicionado por una falta endémica de recursos hídricos y que se agrava por la elevada densidad de población y ante la necesidad de garantizar el riego para una agricultura intensiva, ha tenido que recurrir a nuevas tecnologías para garantizar el abastecimiento de agua para la mayoría de sus demandas.

En 2001, la superficie para cultivos en esta nación era de unos 4.200 km², una cifra que triplica el

terreno arable que había en 1948. Esto ha provocado que actualmente, el 90% del agua depurada se reutilice para usos agrícolas. Hay incluso algunas fuentes que aseguran que para este año se puede llegar al 100% (<https://www.iagua.es/blogs/xavi-duran-ramirez/israel-reutiliza-90-agua-residual-ya-depurada-usos-agricolas>, 2017).

Depuración de Shafdan (<https://www.igudan.org.il/home-en/shafdan-wastewater-treatment/>, 2019):

Esta instalación recoge las aguas residuales de una de las zonas más densamente pobladas de Israel, concretamente la conurbación de Tel Aviv (en la región de Dan), mediante una red de colectores en alta de más de 70 kilómetros. El agua tratada en esta planta (alrededor de 130 millones de metros cúbicos), se infiltra en un acuífero y después se extrae para la irrigación de campos en Negev (el 70% de la actividad agrícola en esta región se satisface con agua regenerada).

3.3. SINGAPUR (<https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater>, 2019)

La reutilización del agua en Singapur toma dos formas: agua industrial y NEWater. El agua industrial, que se introdujo por primera vez en 1966, es un grado inferior de agua recuperada y sirve como fuente de agua alternativa para uso no potable en industrias. En 2003, se introdujo el agua regenerada de alta calidad, conocida como NEWater. NEWater se recicla a partir de aguas residuales tratadas ("agua usada") y se produce mediante un riguroso proceso de purificación de 3 pasos que implica ultrafiltración/microfiltración, ósmosis inversa (RO) y desinfección ultravioleta (UV). En comparación con la desalinización, NEWater es más eficiente en cuanto a energía y costo para producir debido al menor contenido de sal en el agua usada tratada, en comparación con el agua de mar.

NEWater se utiliza tanto para uso directo no potable (DNPU) como para uso indirecto potable (IPU). DNPU está en la forma de NEWater que se suministra a industrias de uso intensivo de agua, industrias de generación de energía y petroquímicas, edificios comerciales y públicos para torres de enfriamiento de aire acondicionado. La calidad de NEWater supera los estándares de agua de la OMS y de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU, lo que la hace segura para el uso potable.

Sin embargo, no se utiliza directamente. En su lugar, NEWater se inyecta en reservorios para permitir que se mezcle con el agua de lluvia antes de ser tratada colectivamente en las plantas de tratamiento de agua para uso potable. Esto se hace para tener en cuenta las inquietudes del público y la aceptación del agua reutilizada, así como para proporcionar un amortiguador ambiental y permitir que los minerales traza sean reintroducidos mediante la mezcla con el agua del reservorio. A lo largo de los años, PUB, la Agencia Nacional del Agua de Singapur ha ampliado su capacidad de suministro de agua para cubrir hasta aproximadamente el 40% de la demanda total de agua de Singapur. Los planes futuros apuntan a aumentar la capacidad de NEWater para satisfacer hasta el 55% de la demanda total de agua para 2060.

PUB manages the complete water cycle

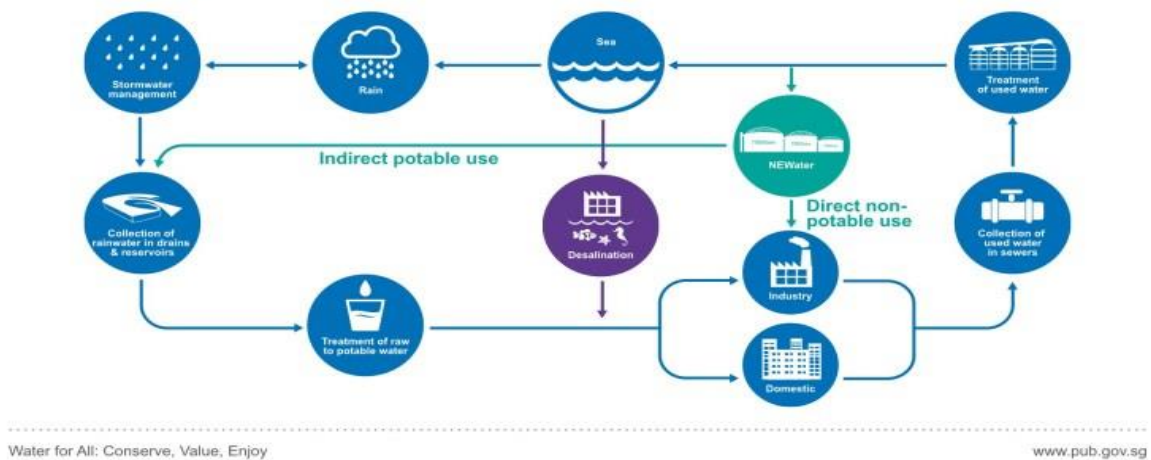


Figura 1: Ciclo del agua en Singapur, PUB (Agencia Nacional del Agua en Singapur).

3.4. ESPAÑA

España lidera la reutilización a nivel europeo (10,74%) según los últimos datos obtenidos por la Cátedra Aquae, impulsada por la Fundación Aquae y la UNED, datos acorde con lo publicado por la Comisión Europea que cifra en alrededor del 11% la reutilización en España, la media europea se encuentra en el 2,4%.

Según los datos disponibles correspondientes al período 2000-2014 el agua regenerada en las EDAR se empleó mayoritariamente para la agricultura (62 %), el riego de zonas verdes (20 %) y la industria (7 %). La Comunidad Valenciana (59%), Murcia (50%) y Baleares (45%) fueron las regiones donde se reutilizó mayor porcentaje de agua tratada.

La diversidad que caracteriza a las diferentes regiones de España, también es evidente desde una perspectiva hídrica, lo que explica que el uso de la reutilización dentro de nuestro país varíe enormemente y se concentre, de momento, mayoritariamente en zonas donde el estrés hídrico es más pronunciado: el 90% del total de agua reutilizada se concentra en la Comunidad Valenciana, Murcia, Andalucía, Islas Canarias e Islas Baleares y grandes ciudades como Madrid o Barcelona.

Valencia es, de hecho, la comunidad que mayor caudal de agua reutiliza (158 hm³ en 2015) y Murcia es la que lo hace en un mayor porcentaje, llegando a alcanzar el 90% del agua residual tratada. Conjuntamente en ambas regiones se produce más de la mitad del agua regenerada que se usa para riego en toda España, que es el principal uso de este recurso.

Este recurso mayoritariamente se emplea en nuestro país para el riego agrícola, superando el 60% del total, seguido por usos recreativos (riego de campos de golf...) y usos municipales (riego de zonas verdes, limpieza de calles, etc.) y, de manera más minoritaria, para usos industriales. También es destacable el cada vez mayor interés que despierta su uso para la mejora ambiental de otras fuentes

de agua, como por ejemplo la recarga de acuíferos, humedales o mejora de los caudales ecológicos de los ríos (AEDyR, 2019).

A continuación se muestran dos figuras que se pueden consultar en la página web del Instituto Nacional de Estadística (INE) con los últimos datos disponibles para el año 2016 por Comunidades Autónomas de volumen de aguas residuales tratadas y el volumen total de agua reutilizada en metros cúbicos/día. El volumen de aguas residuales tratadas fue de 12.949.076 m³ y el volumen total de agua reutilizada de 1.350.536 m³, lo que supuso una reutilización directa de un 10,43 % (INE, 2019).

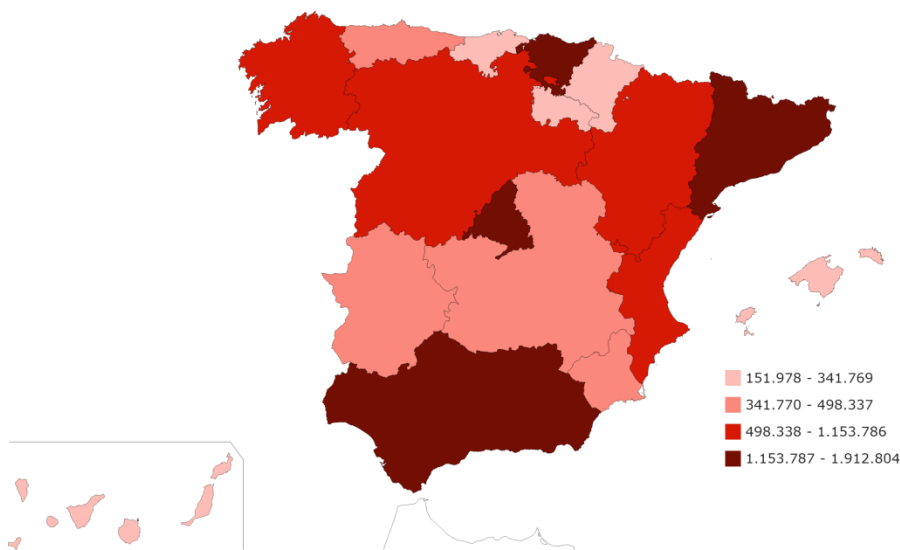


Figura 2: Volumen de aguas residuales tratadas en 2016. Fuente: INE, 2019

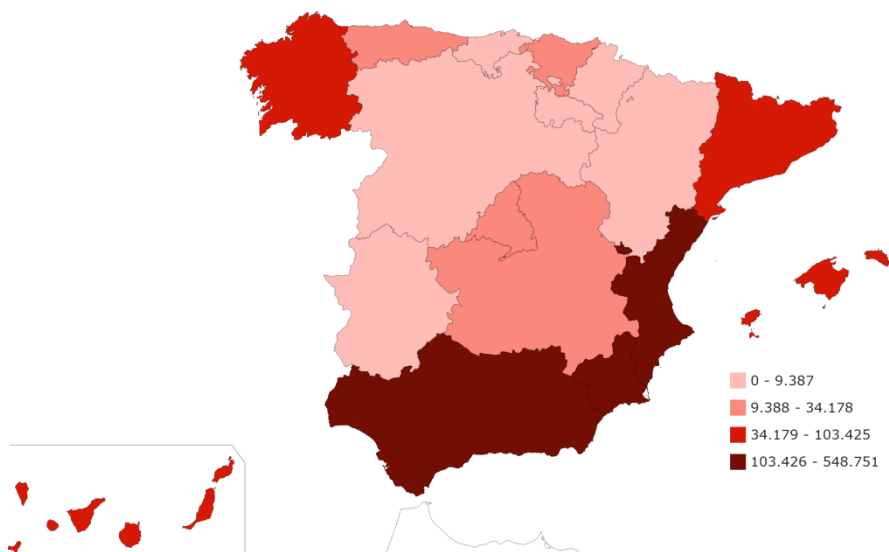


Figura 3: Volumen total de aguas reutilizadas en 2016. Fuente: INE, 2019

Las Confederaciones Hidrográficas en sus planes de gestión (Planes Hidrológicos de cuenca) contemplan dichos recursos dentro de su inventario de *Recursos hídricos propios no convencionales: desalación y reutilización*.

Por ejemplo, el Plan Hidrológico de la demarcación del Segura presenta en su Anejo 2: Inventario de recursos hídricos, una tabla con el agua reutilizada en 2012 y los horizontes para 2015, 2021 y 2033.

Datos en m ³ /año	Horizonte 2012	Horizonte 2015	Horizonte 2021	Horizonte 2033
Volumen tratado EDARs municipales DHS	140.112.040	144.095.071	147.520.942	159.506.145
Volumen vertido por EDARs a cauce	61.866.110	61.470.721	61.481.173	58.460.345
Reutilización directa EDARs municipales	78.246.454	82.578.550	85.987.208	100.985.539
Reutilización directa EDARs privadas uso agrario	3.367.715	3.367.715	3.367.715	3.367.715
Reutilización directa EDARs privadas uso servicios (golf)	2.778.830	2.778.830	2.778.830	2.778.830
TOTAL REUTILIZACIÓN DIRECTA	84.392.999	88.725.095	92.133.753	107.132.084
Volumen vertido al mar y uso medioambiental Rambla Moreras	7.285.009	6.695.098	7.082.335	1.508.053
TOTAL REUTILIZACIÓN INDIRECTA PARA TODOS LOS USOS	54.038.111	54.223.744	53.874.032	56.406.249
TOTAL REUTILIZACIÓN DE EDARs EN LA CUENCA DEL SEGURA	138.431.110	142.948.839	146.007.785	163.538.333

Tabla 1: Resumen de reutilización en la CHS. Fuente: PHDS 2015-2021.

Como se observa, se obtiene que en 2012 el volumen de agua residual tratada por EDARs municipales haya sido de 140,1 hm³/año. De este volumen se reutilizan de forma directa 78,2 hm³/año (un 56%). Si se consideran, además, las EDARs privadas, el valor de reutilización directa asciende a 84,4 hm³/año y el de reutilización indirecta tras su paso por el Dominio Público Hidráulico a 54,0 hm³/año.

En 2033, el volumen de agua residual tratada por EDARs municipales se estima en 159,2 hm³/año. De este volumen se estima que se reutilicen de forma directa 100,9 hm³/año (un 63%). Si se consideran, además, las EDARs privadas, el valor de reutilización directa asciende a 107,0 hm³/año y el de reutilización indirecta tras su paso por el Dominio Público Hidráulico a 56,3 hm³/año.

Murcia

El **proyecto REUSAGUA** (Gestión Integrada de la regeneración y reutilización eficiente y segura de aguas residuales urbanas en la agricultura) se introduce en el campo de la agricultura, llevando de la mano la utilización de recursos hídricos alternativos (agua regenerada) junto con tecnologías de la información y comunicación con el objetivo de desarrollar prácticas de gestión y protocolos para el manejo del riego, necesarias para conseguir una producción agrícola sostenible. Para conseguir la optimización en el manejo de las aguas regeneradas y limitar así cualquier efecto negativo sobre la producción agrícola (contaminación microbiológica, deterioro de la calidad, incremento de la salinidad en el suelo, etc), se aportarán soluciones innovadoras, que a su vez crearán nuevas oportunidades de negocio en un sector donde el agua es la pieza clave para su desarrollo económico. Dichas soluciones engloban:

- Tratamiento de agua depurada para convertirla en un caudal controlado y seguro.

- Adaptación de sistemas avanzados con ozono para mejorar la calidad agronómica y rentabilidad de los cultivos.
- Desarrollo de un sistema completo de gestión de las aguas regeneradas donde se contemplarán: plataforma inalámbrica de sensores (proporcionan información en continuo de la calidad del agua empleada), técnicas de monitorización in-situ y mediante vehículos aéreos no tripulados (diagnóstico del estado hídrico del cultivo y salinización del suelo), procesado inteligente (sistemas de toma de decisiones), enfocado a las comunidades de regantes, y basado en el IoT (Internet of Things).

La Dirección General del Agua de la Región de Murcia es la entidad coordinadora del proyecto europeo **AQUARES**: Avances en las políticas de reutilización del agua para la eficiencia de recursos, un proyecto del programa Interreg Europa cuyo objetivo consiste en mejorar la política de cohesión a través del intercambio de experiencias, la transferencia de buenas prácticas y las iniciativas conjuntas entre los 28 Estados miembros de la UE (además de Noruega y Suiza) respecto a los objetivos temáticos (entre otros, innovación, pymes, economía de bajas emisiones de carbono y protección del medio ambiente) (CE, 2019).

El objetivo principal del nuevo proyecto es "lograr la eficiencia en áreas con escasez de agua de Europa y aprovechar las oportunidades en el mercado de agua en expansión, aliviando así la presión sobre los humedales y las zonas litorales de Europa". La reutilización del agua es clave para promover la eficiencia de recursos en áreas europeas con déficit hídrico y para aprovechar las oportunidades del mercado emergente del agua, aliviando la presión sobre humedales y zonas costeras de Europa.

AQUARES reúne a 10 socios de 9 países para lograr una gestión eficiente del agua mediante la reutilización, aprovechar las oportunidades de la expansión del mercado del agua y asegurar la protección de los organismos gestores del agua.

En este contexto, AQUARES apoyará a las autoridades públicas para colaborar, aunar esfuerzos e intercambiar experiencias para:

- Identificar estrategias viables para utilizar la reutilización del agua para enfrentar usos ineficientes del agua.
- Aproveche al máximo las herramientas de financiación de la UE.
- Diálogo público para abordar intereses en conflicto.

Este es un proyecto europeo financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) con un presupuesto de 1.835.546,00 €. El período de ejecución del proyecto es de 60 meses, a partir del 01/06/2018 hasta el 31/05/2023.

Cataluña

La Agencia Catalana del Agua (ACA) ha iniciado su participación en el proyecto europeo **NextGen**

Water Solutions H2020 (<https://nextgenwater.eu/>, 2019), centrado en el análisis de soluciones en el ciclo del agua mediante la economía circular y haciendo el máximo reaprovechamiento de todos los recursos. La reutilización de agua es precisamente uno de los pilares para el fomento de la economía circular.

Durante el 2017 se han reutilizado en Cataluña un total de 32,1 hm³ de agua regenerada. Este volumen supone un 6% más que el año 2016. Se mantiene así la tendencia en el incremento del uso de este recurso, que ya en 2016 también supuso un incremento del 4% respecto al año anterior (2015).

Los terciarios de las depuradoras de Vila-seca y Salou y Tarragona han producido durante el 2017 un total de 6,7 hm³ de agua regenerada, según datos de la Agencia Catalana del Agua (ACA).

Este volumen, que se destina para usos industriales (polígono petroquímico de Tarragona) y lúdicos (Port Aventura), supone un incremento del 73% en los últimos cinco años.

En el caso de las depuradoras de Vila-seca y Salou y Tarragona, al agua ya tratada se le aplica otro tratamiento de doble ósmosis para adecuar su calidad a las necesidades de las empresas del polígono petroquímico de Tarragona.

La reutilización permite la utilización de agua no potable para los usos mencionados y se libera así caudal que se puede destinar para el consumo doméstico. Hay que tener en cuenta que antes de la reutilización, los usos industriales y lúdicos se satisfacían de manera íntegra con recursos del río Ebro procedentes del Consorcio de Aguas de Tarragona (CAT).

Port de la Selva: La localidad lleva sorteando la escasez de agua potable desde hace más de una década, lo que ha impulsado iniciativas para paliar esta problemática con el soporte técnico del Consorci de la Costa Brava.

El municipio es pionero en la gestión de sus recursos hídricos, ya que ha incorporado la infraestructura necesaria para la reutilización potable indirecta del agua como nueva fuente de suministro. Esta iniciativa se realiza “por necesidad”, según declaraciones de Josep María Cervera, el alcalde de la localidad, ya que por su situación geográfica el municipio está aislado hídricamente, siendo uno de los pocos pueblos de la costa mediterránea que se abastece exclusivamente del acuífero.

En el año 2013 se pone en marcha un proyecto europeo DEMOWARE que tiene por finalidad demostrar la viabilidad técnica y sanitaria del agua regenerada para la recarga del acuífero. El proyecto está financiado por fondos europeos y liderado por el Centro Tecnológico de Manresa (CTM), el Centro de Competencia en Aguas de Berlín (KWB), la ingeniería AMPHOS21 especialista en hidrología subterránea, Veolia Water Technologies Ibérica y donde, además del Ayuntamiento de El Port de la Selva, también participa el Consorcio de la Costa Brava como asociados al proyecto.

Éste consiste en la utilización de las aguas depuradas como materia prima para su regeneración y reutilización potable indirecta. El efluente de la decantación secundaria se somete a una filtración en doble etapa y una desinfección con luz ultravioleta antes de enviarse a un depósito de almacenamiento

y de ahí, por gravedad, a las balsas de infiltración, donde el agua ya regenerada se infiltra de forma natural y se mezcla en el aluvial del acuífero de la riera de Rubiés, a un kilómetro aproximadamente del punto que abastece de agua potable a la localidad. Como resultado de este proyecto se incorpora también una etapa de adsorción sobre carbón activo granular.

Objetivos del proyecto Demoware

Además de la innegable ventaja que supone garantizar el abastecimiento de agua a la población, la regeneración presenta importantes ventajas económicas y medioambientales frente a otras alternativas, ya que las aguas depuradas son un recurso con el que cuentan las ciudades. Para demostrar la **viabilidad económica** de la regeneración del agua, una parte del proyecto Demoware se ha centrado en el análisis y comparativa del coste económico de diferentes fuentes de suministro de agua mediante la herramienta del análisis de ciclo de vida, como por ejemplo, la desalación. Los resultados han concluido que el agua regenerada tienen menor impacto que otros procesos siendo, por lo tanto, un componente esencial en la economía circular del agua.

Desde el **punto de vista técnico-sanitario**, el proyecto Demoware ha estudiado el riesgo de las sustancias presentes en el agua regenerada, tanto para aquellas que son prioritarias para la UE así como otras que son de preocupación emergente, como es el caso de la presencia de trazas de fármacos en las aguas residuales. Los resultados han demostrado que las diferentes etapas de regeneración del agua y de la acción suelo-acuífero ha permitido el abatimiento de estos compuestos a niveles por debajo de las recomendaciones de la legislación alemana, una de las más restrictivas y la única en Europa que tiene en cuenta contaminantes de preocupación emergente en uso de agua de consumo humano.

El tercer objetivo del proyecto Demoware ha sido la labor de **comunicación**, con un compromiso de absoluta transparencia. El Ayuntamiento de El Port de la Selva, contando con la colaboración del Consorcio de la Costa Brava y la Agencia Catalana del Agua, han llevado a cabo diferentes campañas informativas. Una de ellas ha sido la celebración de unas jornadas de puertas abiertas para dar a conocer el proceso de regeneración de las aguas para la recarga del acuífero.

Un factor limitante de la recarga del acuífero ha sido el incremento de la salinidad de las aguas residuales que, recordemos, es la materia prima del agua regenerada. Este incremento se debe a la intrusión marina en la zona de captación del agua potable y a la entrada de salinidad en el saneamiento, lo que es un factor limitante que implica que para poder hacer una recarga continuada del acuífero durante todo el año -y abastecerse únicamente de él- el diseño del proceso de regeneración debe contar con la eliminación de esta salinidad superior a la propia del acuífero.

Concluido ya los tres años de vida del proyecto Demoware, el esfuerzo en la reutilización potable indirecta está centrado ahora en los aspectos de diseño de la regeneración a partir de los resultados obtenidos de la salinidad y de la presencia de compuestos de preocupación emergente. Para ello, se están llevando a cabo diferentes actuaciones desde el propio ayuntamiento y el Consorcio de la Costa

Brava en estrecha colaboración con un grupo de trabajo especializado de la Agencia Catalana del Agua y Salud Pública, con el objetivo de conseguir que El Port de la Selva siga siendo por muchos años el único municipio de la costa mediterránea que se abastece de su propio acuífero, que sirva de modelo en la gestión sostenible de los recursos hídricos y de ejemplo a seguir en la economía circular del agua.

Proyecto SuWaNu Europe

Durante el año 2018, Asersa ha participado en la elaboración de una propuesta de proyecto europeo, dentro del programa H2020 y coordinado por la empresa BioAzul de Málaga. La propuesta fue aprobada por la Agencia Ejecutiva de Investigación de la Comisión Europea a finales de septiembre de 2018, con el número 818088.

Tiene por título “Network for effective knowledge transfer on safe and economic wastewater reuse in agriculture in Europe”, con una duración de 30 meses, desde enero 2019 hasta junio 2021 y un presupuesto total de 1.999.926,25 €.

SuWaNu Europe se centra en la reutilización de aguas regeneradas en la agricultura. Las aguas residuales depuradas, cuando se tratan de acuerdo con los estándares y métodos apropiados y cumplen los criterios de calidad requeridos para un determinado uso se conocen como aguas regeneradas. Al aportar tanto agua como nutrientes, las aguas regeneradas tienen un enorme potencial para complementar los recursos hídricos convencionales utilizados en el riego agrícola.

El objetivo del proyecto es promover el intercambio de conocimientos, experiencias y habilidades entre profesionales y actores relevantes del uso de aguas regeneradas en la agricultura, de modo que las soluciones tecnológicas y organizativas se difundan de forma amplia en toda Europa, lo que se traduce en una agricultura más resiliente para hacer frente a la escasez de agua y los efectos del cambio climático.

SuWaNu Europe se basa en un proyecto anterior de la UE llamado SuWaNu: Tratamiento sostenible del agua y opciones de reutilización de nutrientes, que consistió en desarrollar estrategias basadas en la reutilización para resolver problemas como la escasez de agua o la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, SuWaNu Europe ha sido concebido no solo como una continuación de las actividades del anterior proyecto SuWaNu anterior, sino también como la creación de un nuevo instrumento basado en una red existente para acelerar la adopción de resultados de investigación en el campo del uso de aguas regeneradas en la agricultura.

Por esa razón, el proyecto creará Grupos de Trabajo Regionales entre los miembros del consorcio y los actores más relevantes de 8 regiones objetivo que trabajarán para difundir los resultados del proyecto. El objetivo es establecer vínculos permanentes, más allá del marco temporal del proyecto, con actores locales y fomentar el flujo de información entre investigadores, innovadores privados, organizaciones civiles y la administración pública.

Andalucía es la región española de actuación del Proyecto SuWaNu Europe.

Plan de reutilización de aguas regeneradas de Madrid

El Ayuntamiento de Madrid ha llevado a cabo la construcción de una serie de infraestructuras desde 2001 que permiten el abastecimiento de la ciudad con agua reutilizada para el riego de parques y la limpieza de calles mediante baldeo.

Supone el aprovechamiento de agua procedente de las estaciones depuradoras del sistema de saneamiento de la ciudad, mediante la construcción de un gran anillo de circunvalación de aproximadamente 180 km de infraestructuras subterráneas, que admite la reversibilidad del flujo hidráulico, permitiendo el abastecimiento de la ciudad con agua regenerada para el riego de zonas verdes, baldeo de viales, limpieza de alcantarillado y estanques de tormentas, así como otros usos autorizados (riego de campos de golf, viveros, etc.)

Para crear este gran anillo, el plan cuenta con la construcción de una serie de infraestructuras, depósitos y dársenas, con los correspondientes equipos de bombeo para hidrantes y carga de camiones.

La red general se estructura en otras redes parciales, que a su vez disponen de ramales secundarios para obtener una mejor distribución:

- Red Centro
- Red Norte Este Rejas
- Red Sur Este Rejas
- Red Interconexión Gavia
- Red Interconexión Norte Oeste-Norte Este
- Ampliaciones futuras

A su vez, cada red parcial tiene asignada una estación regeneradora de aguas residuales de abastecimiento en cabecera y están equipadas en los distintos puntos de suministro con estaciones de control que monitorizan en continuo parámetros de calidad y variables hidráulicas que permiten una completa supervisión de todos los puntos de suministro.

Las dársenas son depósitos completamente enterrados o semienterrados donde se acumula el agua procedente de las estaciones depuradoras a través de las diferentes redes.

El agua almacenada se transfiere a diferentes puntos de toma o hidrantes situados en aceras o zonas verdes, utilizándose el recurso para riego, baldeo de viales públicos u otros usos (Ayuntamiento de Madrid, 2019).

4. MEDIDAS INSTITUCIONALES Y MARCO LEGAL

4.1. Marco Internacional

- Decenio del agua fuente de vida 2005-2015

Las Naciones Unidas en Resolución aprobada por la Asamblea General el 23 de diciembre de 2003 proclamaron el periodo 2005-2015 Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida", que comenzó el 22 de marzo de 2005, Día Mundial del Agua.

En la Cumbre del Milenio de Naciones Unidas de septiembre de 2000 se congregó el mayor número de líderes mundiales jamás reunido para aprobar la Declaración del Milenio. De aquella Declaración surgieron los *Objetivos de Desarrollo del Milenio*, un compendio de objetivos alcanzables y sujetos a plazo orientados a extender los beneficios de la globalización a los ciudadanos más pobres del mundo. La meta 10 del Objetivo 7 persigue reducir a la mitad el porcentaje de la población mundial sin acceso seguro al agua potable. Más tarde, durante la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, en 2002, se ampliaría el alcance de esta meta incluyendo también el acceso a un saneamiento básico y reconociendo que los recursos hídricos son un factor fundamental para la consecución del resto de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.

Desde Johannesburgo, otras deliberaciones internacionales sobre agua y saneamiento han contribuido a impulsar la cooperación y la acción en este campo. En particular se han logrado progresos significativos en el abastecimiento a la población de agua potable y saneamiento básico. A pesar de ello, resulta necesario un mayor esfuerzo para ampliar estos servicios a la población todavía excluida, en su mayor parte, la población pobre.

Dos programas se pusieron en marcha al inicio del Decenio "El agua, fuente de vida" que entraron en pleno funcionamiento en los primeros años del Decenio: el **Programa de ONU-Agua para el desarrollo de la capacidad en el marco del Decenio** (UNW-DPC) y el **Programa de ONU-Agua para la Promoción y la Comunicación en el marco del Decenio** (UNW-DPAC). Estos programas son apoyados por los gobiernos de Alemania y España, y albergados por la Universidad de las Naciones Unidas (UNU) y el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (DAES) respectivamente.

Las actividades realizadas por estos dos programas han impulsado la agenda del Decenio en las áreas identificadas como de especial interés para el Decenio. De esta manera, se ha promovido la respuesta de los Estados Miembro. Las actividades específicas llevadas a cabo por UNW-DPAC incluyen, entre otros, el sitio web del Decenio y el premio anual a las mejores prácticas "El agua, fuente de vida". Las actividades de UNW-DPC se han centrado en el apoyo a ONU-Agua y en la ejecución de los temas del Decenio a través del desarrollo de capacidades.

El objetivo fundamental del Decenio es promover los esfuerzos para cumplir con los compromisos

internacionales adquiridos en materia de agua y saneamiento para 2015. Se trata de reforzar la cooperación a todos los niveles, de manera que se alcancen los objetivos relacionados con el agua acordados en la Declaración del Milenio, el Plan de Ejecución de la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo y la Agenda 21.

El gran desafío del Decenio consiste en dirigir la atención hacia políticas y actividades proactivas que garanticen a largo plazo una gestión sostenible de los recursos hídricos, en términos tanto de calidad como de cantidad, y que incluyan medidas de mejora del saneamiento. Lograr los objetivos del Decenio requiere de continuo compromiso, cooperación e inversión por parte de todos los agentes involucrados durante, no solo el decenio 2005-2015, sino más allá.

- Declaración Río+20 el futuro que queremos. Desarrollo sostenible

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible que tuvo lugar en Río de Janeiro, Brasil en junio de 2012, los líderes mundiales, junto con miles de participantes del sector privado, las ONG y otros grupos, se unieron para dar forma a la manera en que puede reducir la pobreza, fomentar la equidad social y garantizar la protección del medio ambiente en un planeta cada vez más poblado.

En la Resolución aprobada por la Asamblea General el 27 de julio de 2012 ya se menciona el término reutilización al hablar de Seguridad alimentaria y nutrición y agricultura sostenible, y Ciudades y asentamientos humanos sostenibles.

*Art. 109Reconocemos la importancia de que se adopten las medidas necesarias para atender mejor las necesidades de las comunidades rurales, entre otros medios, aumentando el acceso de los productores agrícolas, en particular los pequeños agricultores, las agricultoras, los indígenas y las personas que se encuentran en situaciones vulnerables, a créditos y otros servicios financieros, mercados, regímenes seguros de tenencia de la tierra, atención de la salud, servicios sociales, educación, capacitación, conocimientos, y tecnologías apropiadas y asequibles, en particular para el regadío eficaz, la **reutilización del agua residual tratada** y la captación y el almacenamiento de agua.*

135. Nos comprometemos a promover un enfoque integrado de la planificación y construcción de ciudades y asentamientos urbanos sostenibles, incluso apoyando a las autoridades locales, concienciando a la población y aumentando la participación de los residentes de las zonas urbanas, incluidos los pobres, en la adopción de decisiones. Nos comprometemos también a promover políticas de desarrollo sostenible que apoyen la prestación de servicios sociales y de vivienda inclusivos; condiciones de vida seguras y saludables para todos, especialmente los niños, los jóvenes, las mujeres, los ancianos y las personas con discapacidad; transporte y energía asequibles y sostenibles; el fomento, la protección y el restablecimiento de espacios urbanos verdes y seguros; agua potable y saneamiento; una buena calidad del aire; la

*generación de empleos decentes; y la mejora de la planificación urbana y de los barrios marginales. Además, apoyamos la gestión sostenible de los desechos mediante la aplicación del concepto de las “3 erres” (reducción, **reutilización** y reciclado). Subrayamos que es importante que en la planificación urbana se tengan en cuenta la reducción del riesgo de desastres, la resiliencia y los riesgos climáticos. Reconocemos los esfuerzos que despliegan las ciudades para lograr el equilibrio entre el desarrollo y las regiones rurales.*

- Nueva Agenda de Agua 2030 – Objetivo de Desarrollo Sostenible N° 6 Agua Limpia Y Saneamiento. Dentro del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible (PNUD)

A continuación se indican algunos de los datos publicados por las Naciones Unidas, con objeto de identificar la situación actual y a futuro.

- 3 de cada 10 personas carecen de acceso a servicios de agua potable seguros y 6 de cada 10 carecen de acceso a instalaciones de saneamiento gestionadas de forma segura.
- Entre 1990 y 2015, la proporción de población mundial que utilizaba una fuente mejorada de agua potable pasó del 76% al 90%.
- La escasez de agua afecta a más del 40% de la población mundial y se prevé que este porcentaje aumente. Más de 1700 millones de personas viven actualmente en cuencas fluviales en las que el consumo de agua supera la recarga.
- 4 billones de personas carecen de acceso a servicios básicos de saneamiento, como retretes o letrinas.
- Más del 80% de las aguas residuales resultantes de actividades humanas se vierten en los ríos o el mar sin ningún tratamiento, lo que provoca su contaminación.
- Aproximadamente el 70% de todas las aguas extraídas de los ríos, lagos y acuíferos se utilizan para el riego.
- Las inundaciones y otros desastres relacionados con el agua representan el 70% de todas las muertes relacionadas con desastres naturales

METAS de aquí a 2030:

- Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial
- Ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la

creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.

- Programa Mundial de Evaluación Recursos Hídricos (WWAP) UNESCO

El último informe se presentó en el Consejo de Derechos Humanos el 19 de marzo 2019 en Ginebra (Suiza). En él se puede leer lo siguiente:

*La reutilización del agua ofrece oportunidades para fortalecer el abastecimiento convencional de agua, especialmente en ciudades que dependen de fuentes de agua más distantes. El tratamiento de las aguas residuales con un estándar de calidad que es seguro y susceptible a un usuario (es decir, un tratamiento “adaptado a un propósito”), no solo mejora su atractivo general, sino que también hace que la reutilización del agua sea más factible económicamente (WWAP, 2017). Es más, algunos estados y comunidades planean implementar la **visión de cero descargas y el 100% de reciclaje de aguas residuales en entornos industriales**, a través de procesos como la separación de caudales, la recuperación de materiales y energía, así como varias herramientas de gestión de aguas residuales (WWAP, 2006, 2017).*

*A pesar de los múltiples beneficios, el potencial de la mayoría de los recursos hídricos no convencionales – y especialmente la reutilización y el reciclaje del agua – está aún inexplorado y subexplotado (WWAP, 2017; Qadir et al., 2018). Si bien están surgiendo las tecnologías y el conocimiento para el desarrollo de recursos no convencionales junto con un número creciente de aplicaciones, existen **barreras financieras, tecnológicas y políticas** para explotar todo su potencial. La mayoría de los recursos hídricos no convencionales no forman parte de las políticas y presupuestos nacionales de agua, incluso en países con alto potencial.*

Desde un punto de vista de regulación destaca la Organización Mundial de la Salud (WHO, siglas en inglés) que en 2006 publicó la tercera edición de sus Guías sobre el Uso Seguro de Aguas Residuales en la Agricultura y Acuicultura (la primera edición se publicó en 1989) donde se relaciona los Objetivos de Desarrollo del Milenio con la reutilización del agua. Considera la reutilización del agua como un recurso estratégico y de especial valor en zonas donde existe estrés hídrico, siempre y cuando se asegure la salud pública y la protección del medio ambiente. Señala como ventajas:

- la reducción de las presiones sobre el recurso
- la reducción de los riesgos sobre la salud para los usuarios aguas abajo
- el mantenimiento de la calidad de los ecosistemas.

En cuatro volúmenes, estas Directrices proponen un enfoque flexible de evaluación de riesgos y gestión de riesgos vinculado a objetivos basados en la salud que pueden establecerse a un nivel realista en condiciones locales. El enfoque debe estar respaldado por estrictas medidas de monitoreo.

Asimismo, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, siglas en inglés) publicó en 2015 unas Directrices para el uso del agua residual tratada para proyectos de regadío, incluyendo regadío agrícola.

La Norma ISO 16075 ofrece directrices para el desarrollo e implantación de proyectos de aguas residuales depuradas, incluyendo el diseño, los materiales, la construcción y el rendimiento, así como diversas orientaciones sobre un amplio abanico de temas de interés, tales como la calidad del agua, los tipos de cultivos que pueden regarse, los riesgos asociados y los principales componentes del proyecto, como la red de distribución y los dispositivos de almacenamiento de agua.

Contiene tres documentos:

- 1: Se tratan las bases de un proyecto de reutilización para riego, incluyendo directrices para todos los elementos de un proyecto de riego utilizando aguas residuales depuradas;
- 2: Se desarrolla el proyecto, incluyendo facetas como los criterios de diseño y las especificaciones de calidad;
- 3: Se describen los componentes de un proyecto de reutilización de agua residual depurada para riego.

4.2. MARCO EUROPEO

Hasta ahora en el marco de la Unión Europea no existía una regulación común que estableciese unas normas relativas a la reutilización del agua. Sólo algunos países han establecido unas regulaciones o recomendaciones como son Chipre, Francia, Grecia, Italia, Portugal y España, basándose en las guías y directrices internacionales mencionadas anteriormente.

Actualmente está en proceso la aprobación de un Reglamento que regula los requisitos mínimos para la reutilización del agua.

El origen de dicha propuesta surge a raíz de la Comunicación de 2007 de la Comisión al Parlamento y al Consejo sobre la escasez de agua y la sequía, ya que se afirma que como consecuencia del cambio climático, la frecuencia y la intensidad de las sequías y sus daños ambientales y económicos han aumentado drásticamente en los últimos treinta años; entre 1976 y 2006, el número de zonas y personas afectadas aumentó en casi un 20% y los costes totales de las sequías ascendieron a 100 000 millones de euros (CE, 2012). Como parte de un **enfoque integrado de la gestión del agua**, además del ahorro de agua, las aguas residuales tratadas procedentes de instalaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas proporcionan **una opción alternativa fiable** de suministro de agua para fines diversos. Entre ellos, el **riego agrícola posee el mayor potencial** para la adopción de la reutilización del agua y contribuir a reducir la escasez de agua en toda Europa.

El establecimiento de requisitos mínimos armonizados (parámetros clave sobre patógenos de referencia) acerca de la calidad de las aguas regeneradas y su control, junto con las tareas

armonizadas de gestión de riesgos, garantizarían unas condiciones equitativas para los participantes en la reutilización y los afectados, evitando obstáculos a la libre circulación de productos agrícolas regados con aguas regeneradas, velarían por la protección de la salud y el medio ambiente, aumentando con ello la confianza en la práctica de dicha reutilización.

A continuación se realiza un pequeño repaso de los hitos más importantes que han llevado a cabo el desarrollo del Reglamento que actualmente está en proceso de aprobación y las primeras menciones a la reutilización en la normativa europea como son la Directiva Marco del Agua y la Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas.

- Directiva Marco del Agua, 2000

La Directiva tiene un planteamiento pionero de la protección del agua, basado en las formaciones geográficas naturales; en concreto, las cuencas hidrográficas. La Directiva define plazos concretos, con 2015 como año límite en el que todas las aguas europeas debían estar en buenas condiciones, salvo unas prórrogas que se podrán adoptar bajo unas determinadas condiciones.

En lo que respecta a la reutilización de agua ésta se menciona como una de las medidas a incluir en el Programa de medidas para la consecución de los objetivos de las masas de agua.

- Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (91/271/CE)

Tiene por objeto proteger el medio ambiente en la Unión Europea de las repercusiones negativas (como la eutrofización) que producen las aguas residuales urbanas. Establece normas de recogida, tratamiento y vertido de aguas residuales.

Los países de la UE deben:

- recoger y tratar las aguas residuales en zonas urbanas con una población de, al menos, 2 000 personas, y aplicar un tratamiento secundario* a las aguas residuales recogidas,
- aplicar un tratamiento más avanzado en zonas urbanas con una población superior a 10 000 personas y situadas en zonas sensibles* designadas,
- garantizar el mantenimiento adecuado de las instalaciones de tratamiento, de manera que tengan un rendimiento suficiente y su funcionamiento en todas las condiciones climáticas normales,
- adoptar medidas para limitar la contaminación de las aguas receptoras a causa de desbordamientos de las aguas de tormenta en situaciones extremas, como las producidas por una lluvia inusualmente intensa,
- controlar el rendimiento de las instalaciones de tratamiento y de las aguas receptoras,
- controlar la eliminación y reutilización de los lodos residuales.

El artículo 12 prevé, como parte del requisito sobre el vertido de aguas residuales, que “las aguas residuales tratadas se reutilizarán cuando proceda. Las vías de evacuación reducirán al mínimo los efectos adversos sobre el medio ambiente.

- 2012: Plan para Salvaguardar los Recursos Hídricos Europeos

Se trata de una Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones como consecuencia de la necesidad de incrementar la protección de los recursos hídricos ya que según el informe elaborado por la AEMA sobre la aplicación de la DMA sólo el 53% de las masas de agua alcanzarán el objetivo de “buen estado” para 2015. En el mismo se destaca lo siguiente:

*En la consulta de las partes interesadas realizada con vistas a la elaboración del Plan, se ha considerado que merece la atención de la UE una **opción alternativa de suministro: la reutilización** del agua para la irrigación o para fines industriales. Se considera que la incidencia sobre el medio ambiente de la reutilización del agua (procedente, por ejemplo, del tratamiento de las aguas residuales o de instalaciones industriales) tiene un menor impacto ambiental que otras alternativas de suministro de agua (por ejemplo, transferencias de agua o desalinización), pero se utiliza únicamente de forma limitada en la UE. Esto parece deberse a la inexistencia de normas comunes de la UE en materia de medio ambiente y sanidad para la reutilización del agua y a los posibles obstáculos a la libre circulación de productos agrícolas irrigados con agua reutilizada. La Comisión estudiará el instrumento a nivel de la UE más conveniente para fomentar la reutilización del agua, y, en particular, un Reglamento que establezca normas comunes. En 2015, presentará una propuesta, sometida a una evaluación de impacto adecuada, que estará encaminada a garantizar el mantenimiento de un alto nivel de protección de la sanidad pública y del medio ambiente en la UE.*

*La Comisión considerará la elaboración de un **instrumento reglamentario** que establezca normas europeas comunes relativas a la reutilización del agua y suprima así los obstáculos a una utilización más extendida de este modo alternativo de suministro de agua.*

Esta solución podría paliar la escasez de agua y reducir la vulnerabilidad en el sector.

El plan establece el objetivo y la dinámica de la política de aguas de la UE y se plantea como un instrumento necesario para alcanzar el objetivo integrado en la DMA. Determina una serie de acciones esenciales que deben realizar los gestores del agua y los dirigentes políticos para afrontar los problemas que tiene planteados el medio acuático.

Su objetivo a largo plazo es garantizar la sostenibilidad de todas las actividades que afectan a los recursos hídricos, para asegurar de esta forma la disponibilidad de agua de buena calidad cuya utilización sea sostenible y equitativa.

Para ello se establecen una serie de objetivos específicos entre los que se establece maximizar la reutilización del agua y como forma de alcanzarlo un posible reglamento para 2015. El objetivo de esta regulación es eliminar los obstáculos a un uso generalizado de esta opción de suministro de agua, paliar la escasez de agua y reducir la vulnerabilidad de los sistemas de suministro.

- 2013: Informe actualizado sobre la reutilización en la UE. Servicio contratado para el seguimiento de la escasez y sequía. Elaborado por Typsa.

El informe realiza un análisis sobre el índice de estrés hídrico (WEI, siglas en inglés). Este índice se define como la fracción de escorrentía total anual disponible para consumo humano.

Bajo	<10%
Moderado	10-20%
Alto	20-40%
Severo	>40%

El informe incluye un gráfico describiendo la situación actual:

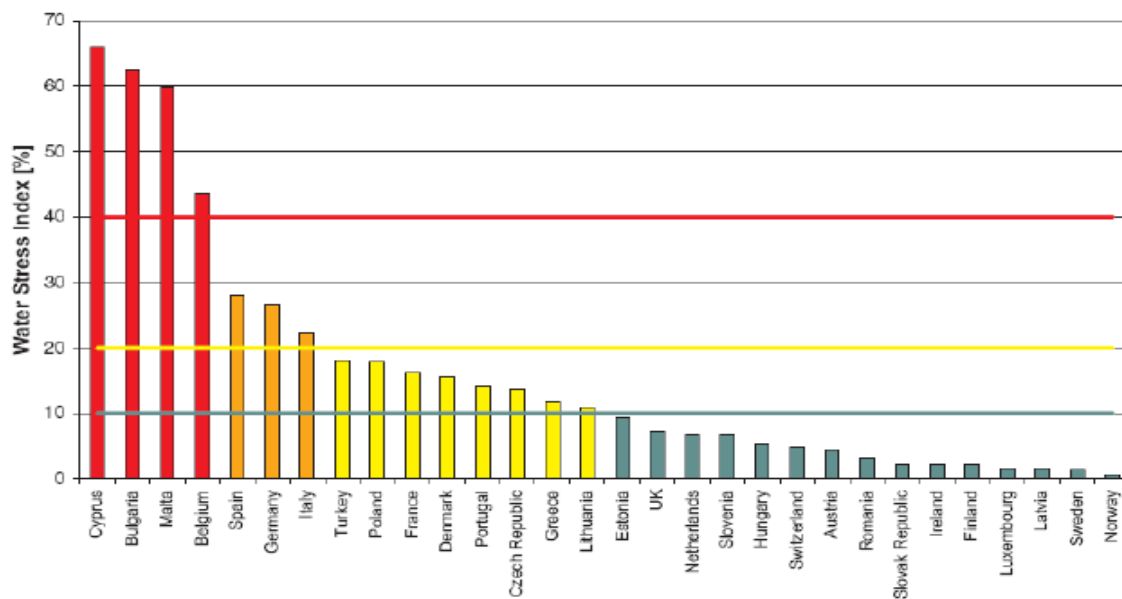


Figura 4: Índice de estrés hídrico en Europa (Water reuse in the European Union, 2013)

Se ha realizado una estimación de la posible reutilización del agua en Europa sobre una base matemática de la proporción de demanda y suministro de agua que pueden ser cubiertos por aguas residuales regeneradas. Este enfoque no se basó en consideraciones de costos e incorporación de externalidades de una forma directa en el enfoque del balance de masa, aunque si se basara en factores económicos, el punto de equilibrio y, por lo tanto, las variables de la ecuación aplicada, estaría determinada por mecanismos de precios. El objetivo de este estudio fue combinar varios datos generales de gestión del agua y el estado actualmente verificable de la recuperación y reutilización de aguas residuales en Europa como base para calcular los factores de recuperación y reutilización que describen los principales parámetros que influyen en un mayor desarrollo.

En la siguiente figura, se muestra el potencial de reutilización de aguas residuales para la mayoría de los países europeos según el modelo de cálculo. A nivel europeo, el volumen de aguas residuales reutilizadas ahorraría el 0,9% de la extracción total de agua en el año 2025. Mientras que para la mayoría de los países el potencial de sustitución es inferior al 0,5%, Malta, Chipre y España podrían cubrir el 26%, 7,6% y 3% de su demanda futura de agua, respectivamente.

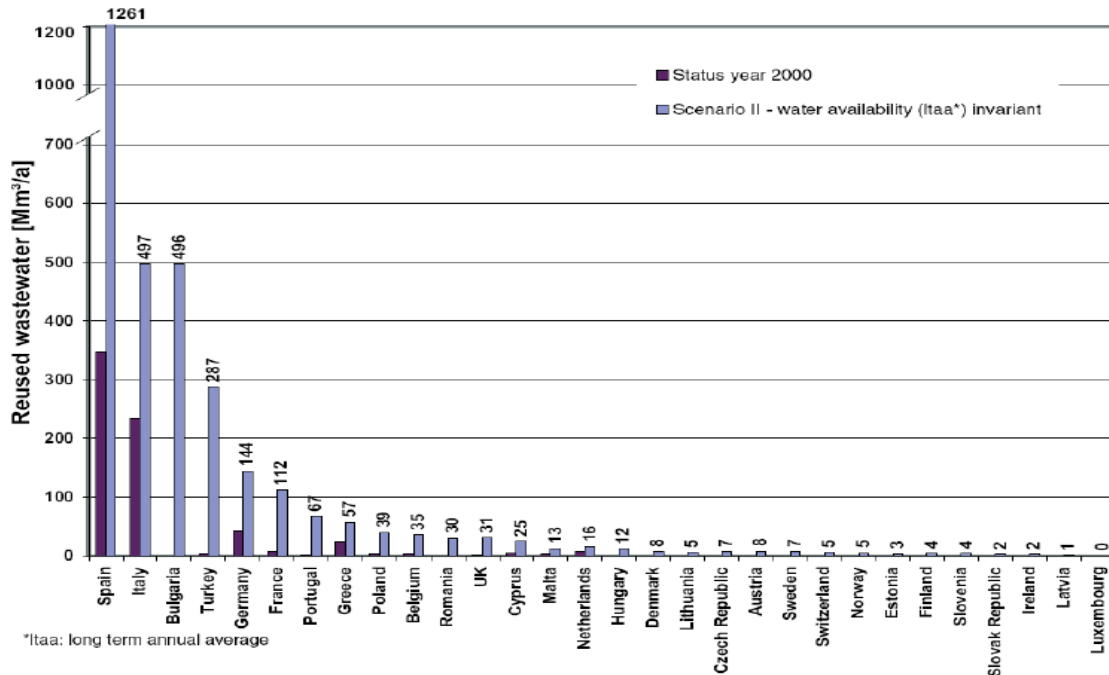


Figura 5: Escenario de previsión de agua reutilizada para el 2025 (Water reuse in the European Union, 2013)

- 2015: Plan de Acción de la UE para la Economía Circular

La Comisión Europea presentó en diciembre de 2015 su Plan de Acción para una economía circular en Europa. Dicho Plan tiene como objetivo señalar las diferentes medidas (hasta un total de 54) sobre las que la Comisión Europea estima que es necesario actuar en los próximos 5 años para avanzar en economía circular. Las medidas afectan:

- a las diferentes etapas del ciclo de vida de los productos (diseño y producción, consumo, gestión de residuos y aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos mediante su reintroducción en la economía) y
- a cinco áreas que la Comisión considera prioritarias (los plásticos, el desperdicio alimentario, las materias primas críticas, la construcción y la demolición y la biomasa y productos con base biológica).

Asimismo, el plan incluye también un apartado horizontal relativo a la innovación y a las inversiones y un calendario para las 54 medidas. Entre ellas una **propuesta de legislación** al objeto de **establecer requisitos mínimos de reutilización del agua para el riego y la recarga de los acuíferos en 2017**;

fomento de la reutilización segura y en particular del agua, y especialmente orientaciones sobre la integración de la reutilización del agua en la planificación y la gestión del agua, la inclusión de las mejores prácticas en los BREF¹ pertinentes, y apoyo a la innovación (a través de la Asociación Europea para la innovación y Horizonte 2020) y las inversiones 2016-2017.

- 2016: Directrices en el marco de la Estrategia común de aplicación de la Directiva Marco del agua, con el objetivo de integrar mejor la reutilización del agua en la planificación y la gestión del agua

Estas directrices se justifican basándose en la confirmación de que en la medida en que la escasez de agua se ha agravado en algunas partes de la UE, la reutilización de las aguas residuales tratadas en condiciones seguras y rentables es un medio valioso pero infrutilizado de aumentar el suministro de agua y reducir la presión sobre los recursos. La facilitación de la reutilización del agua en la agricultura también contribuirá al **reciclado de nutrientes** por sustitución de fertilizantes sólidos.

Las directrices señalan que el agua se puede reutilizar para una variedad de propósitos (agricultura, paisaje, urbano, ambiental, industrial, etc.) y el documento describe el rango de potenciales beneficios económicos y ambientales. En todos los casos, **la calidad del agua (y por lo tanto, el tratamiento necesario) debería ser apropiada para el uso final específico como así como garantizar una mayor protección de la salud y el medio ambiente.** El documento también proporciona Directrices sobre la interpretación de la legislación de la UE tal como se aplica a la reutilización del agua y destaca la necesidad de garantizar que se cumpla plenamente la legislación medioambiental pertinente de la UE. Además destaca la importancia de cumplir la legislación nacional sobre la calidad de la reutilización agua donde está regulada.

El informe menciona que en **España, alrededor del 11% del volumen total de agua residual tratada es reutilizada para distintos usos.** En particular, en las cuencas mediterráneas, donde el agua es escasa y hay mayores presiones sobre los recursos hídricos, este porcentaje aumenta hasta un 24% (Júcar) y hasta un 50-60% (Segura y las Islas Baleares). El riego utiliza aproximadamente el 64% del agua reutilizada total, seguido de usos recreativos (principalmente para campos de golf) y luego usos ambientales.

Como potenciales usos se incluyen:

- Contribuir a los objetivos ambientales / hacer que el agua esté disponible para usos futuros, como la restauración del ecosistema acuático o la creación de nuevos entornos acuáticos, el aumento de la corriente, la recarga del acuífero (por ejemplo, para el control de intrusión salina o la extracción posterior para su uso, como los usos adicionales a continuación).

¹ Estos documentos BREF describen, para cada uno de los sectores industriales, las técnicas aplicadas, las emisiones actuales a todos los medios y los niveles de consumo, las técnicas que se tienen en cuenta para determinar las mejores técnicas disponibles, así como las conclusiones sobre las MTD y las técnicas emergentes.

- Usos agrícolas / hortícolas, como el riego de cultivos (alimenticios y no alimenticios), huertos y pastos o acuicultura, incluido el cultivo de algas.
- Usos industriales tales como agua de enfriamiento, agua de proceso, lavado de agregados, fabricación de concreto, compactación del suelo, control de polvo.
- Usos municipales / paisajísticos tales como riego de parques públicos, instalaciones recreativas y deportivas, jardines privados, costados de carreteras, limpieza de calles, sistemas de protección contra incendios, lavado de vehículos, descarga de inodoros, control de polvo.

- 2017: Informe final de la caracterización de la reutilización de agua no planeada en Europa.

El estudio tiene una doble finalidad; por un lado evaluar las características actuales de las fuentes de agua utilizadas en el riego agrícola en la UE incluida la reutilización directa e indirecta de aguas residuales tratadas. Además de determinar el alcance de la reutilización no planificada y el impacto del desarrollo de la reutilización planificada (y directa) en determinadas cuencas hidrográficas seleccionadas a nivel Europeo.

Una de las cuencas seleccionadas para el estudio fue la del Ebro, en concreto en algunos tramos fluviales del río Segre donde se estimó que el grado de impacto del vertido de las aguas residuales puede variar entre un 3 y 11 % dependiendo de las condiciones de caudal.

- 2017: Requisitos mínimos de calidad para la reutilización de agua en agricultura y recarga de acuíferos (JRC).

Dentro del proceso de elaboración de una propuesta de legislación para establecer unos requisitos mínimos de calidad para la reutilización de agua, la Comisión Europea solicitó al Centro Común de Investigación (JRC, siglas en inglés) el desarrollo de una propuesta que proporcionase confianza pública en las prácticas de reutilización para mejorar su implantación a nivel europeo.

En este documento técnico se establecen los **parámetros microbiológicos y fisicoquímicos**, los **valores límite asociados y las frecuencias de muestreo** para el uso de estas aguas en el riego agrícola, como requerimientos que garanticen la protección de la salud humana y del medio ambiente.

La única fuente de aguas residuales considerada en este documento son las aguas residuales urbanas cubiertas por la Directiva 91/271 / EEC, y que se definen como: aguas residuales domésticas o la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas residuales industriales provenientes de diversos sectores de la industria alimentaria y / o el agua de lluvia.

Para el caso de la recarga de acuíferos se concluye que la Directiva de aguas subterráneas (GWD, siglas en inglés) incluye una gestión del riesgo totalmente aplicable al uso de las aguas regeneradas. Los estados miembros deben asegurar que la calidad del agua regenerada no compromete los objetivos de la GWD y directivas relacionadas. A la hora de establecer unos parámetros de calidad para

la recarga de acuíferos debe tenerse en cuenta el método de recarga, es decir si es directo a través de una inyección directa o indirecto como pueden ser las balsas de infiltración donde habrá que tener en cuenta la capacidad de atenuación natural de la zona vadosa.

- 2018: Reglamento de requerimientos mínimos para la reutilización del agua.

Siguiendo el procedimiento legislativo ordinario la Comisión Europea preparó una propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua que fue presentada en mayo de 2018 *COM(2018) 337 final*. Reglamento es la figura jurídica que se ha adoptado para regular dicha materia, para ello se han llevado a cabo varios informes y estudios previos confirmando que debido a las dimensiones y los efectos de la acción, los objetivos planteados en el Reglamento no pueden ser alcanzados de manera suficiente por los Estados miembros, sino a escala de la Unión conforme al principio de subsidiariedad consagrado en el artículo 5 del Tratado de la Unión Europea (Amec FW et al., 2016).

Los reglamentos son actos legislativos vinculantes. Deben aplicarse en su integridad en toda la UE, esto significa que es obligatorio en todos sus elementos y directamente aplicable en cada Estado miembro. A diferencia de las Directivas, que son actos legislativos en los cuales se establecen objetivos que todos los países de la UE deben cumplir. Sin embargo, corresponde a cada país elaborar sus propias leyes sobre cómo alcanzar esos objetivos, es decir requieren de una transposición a la regulación interna.

En 19 de febrero de 2019 el Parlamento ha aprobado 132 enmiendas al texto, encargando que se transmita dicha Posición del Parlamento al Consejo y a la Comisión, así como a los Parlamentos nacionales.

Por su parte la Comisión ha acordado su posición el 12 de junio de 2019. Para ello, sobre la propuesta de la Comisión, se han llevado a cabo ciertas modificaciones. Está previsto que las negociaciones tripartitas (Comisión, Consejo y Parlamento Europeo) comiencen durante la Presidencia finlandesa que empezó el 1 de julio y terminarán el 31 de diciembre de 2019.

En dicha propuesta dentro de las consideraciones se determina que tiene un **menor impacto ambiental que otras alternativas de suministro de agua, tales como los trasvases de agua o la desalinización.**

Cabe mencionar algunas de las enmiendas introducidas por el Parlamento de vital importancia para la protección de la salud humana y medioambiental, instando al Centro Común de Investigación (JRC) a desarrollar parámetros y métodos de medición para detectar la presencia de microplásticos y residuos farmacéuticos en las aguas regeneradas. Por otra parte insta a la Comisión a fijar objetivos de calidad en relación con la reutilización del agua para fines públicos.

Respecto a la requisitos de calidad para el riego menciona controles de los microcontaminantes² y de las nuevas sustancias denominadas “contaminantes emergentes³”.

Los estados miembros deben adoptar medidas adecuadas para garantizar que los recursos hídricos utilizados como agua potable no estén contaminados con agua regenerada, a fin de evitar su deterioro.

Es destacable que aunque sólo se proponen requisitos de calidad para el riego **el Reglamento no impide a los estados miembros permitir el uso de aguas regeneradas para otros fines industriales o paisajísticos o los relacionados con el medio ambiente**, siempre que los Estados miembros velen por la observancia de la obligación de garantizar un elevado nivel de protección de la salud humana, animal y del medio ambiente.

Se plantea que los Estados miembros establezcan controles de calidad del suelo a corto, medio y largo plazo.

A continuación se exponen aquellos aspectos más significativos del **texto aprobado por el Parlamento Europeo, de 12 de febrero de 2019**, a pesar de que puede sufrir modificaciones durante el proceso de aprobación del mismo en el que aún se encuentra inmerso.

En el texto se define claramente:

- Aguas residuales tratadas: las aguas residuales urbanas que han sido tratadas acorde con los requisitos establecidos en la Directiva 91/271/CEE.
- Aguas regeneradas: las aguas residuales tratadas que han sido objeto de un tratamiento posterior en una instalación de regeneración, donde se adecua su calidad al uso para el que se han previsto.
- Reutilización de aguas: el uso de aguas regeneradas de una calidad especificado en el anexo I, sección 1, a través de un sistema de distribución, sustituyendo así parcial o totalmente el uso de aguas superficiales o subterráneas.

Se establecen las obligaciones de los distintos **operadores** definidos en el mismo:

- Operadores instalaciones de regeneración
- Operadores de la distribución de las aguas regeneradas
- Operadores de almacenamiento de aguas regeneradas
- Usuarios finales

Después del **punto de cumplimiento**, definido como el punto en el que el operador de la instalación de

² Microcontaminante: una sustancia indeseable detectada en el medio ambiente en concentraciones muy bajas, de conformidad con el anexo VIII de la Directiva 2000/60/CE.

³ Se pueden definir como contaminantes que en la actualidad no están incluidos en los programas de seguimiento sistemático en la Unión, pero que suponen un importante riesgo, lo cual exige su regulación, dependiendo de sus posibles efectos ecotoxicológicos y toxicológicos, y de sus niveles en el medio acuático

regeneración suministra aguas regeneradas al siguiente agente de la cadena, la calidad del agua no será responsabilidad del mismo, sino que pasará a ser responsabilidad del agente siguiente de la cadena.

Las autoridades competentes deberán establecer unos requisitos de **control y seguimiento** de la producción, distribución, almacenamiento y utilización de las aguas regeneradas.

El operador de la instalación de regeneración deberá elaborar un **plan de gestión de riesgos** de reutilización del agua que incluirá:

- tareas clave de gestión de riesgos (análisis viabilidad instalación de regeneración, descripción detallada del sistema de reutilización y detectar los peligros potenciales, en particular la presencia de contaminantes patógenos, y el potencia del acontecimientos peligrosos como fallos en el tratamiento, fugas o contaminación accidental en el sistema de reutilización del agua descrito y una evaluación de riesgos).
- requisitos adicionales (referidos particularmente a metales pesados, plaguicidas, subproductos de la desinfección, productos farmacéuticos, microplásticos, resistencia a los microbianos y otros contaminantes que resulten significativos a partir de las pruebas medioambientales y de salud pública realizados localmente.
- Determinar los peligros, riesgos y medidas preventivas como control de acceso, medidas adicionales de desinfección o eliminación de contaminantes, etc.

Se determina la necesidad de disponer de una **licencia para la producción, distribución y almacenamiento de las aguas regeneradas** que se otorgará por la autoridad competente tras la consulta a la autoridad sanitaria y otras autoridades pertinentes. En la licencia se establecerá un **condicionado** relativo a las condiciones relativas a los requisitos mínimos de calidad y control del agua que se especifica en el punto 2 del anexo I, las condiciones relativas a los requisitos adicionales propuestos en el plan de gestión de los riesgos de reutilización del agua y cualquier otra condición necesaria para eliminar en mayor medida los riesgos inaceptables para la salud humana y animal o el medio ambiente. Se prevé una revisión, al menos cada cinco años, y una modificación en los casos necesarios.

La autoridad competente deberá **comprobar la conformidad** de las aguas regeneradas con las condiciones establecidas en las **licencias** anteriores a través de los siguientes medios:

- Controles in situ;
- Utilización datos de control obtenidos en virtud del Reglamento y de las Directivas 91/271/CEE y DMA;
- Otros medios adecuados.

Se establece que en caso de **incumplimiento** se exigirá al operador correspondiente que adopte las

medidas necesarias para restablecer rápidamente el cumplimiento e informe inmediatamente a los usuarios finales afectados.

Cuando un **valor individual de un parámetro supere los requisitos mínimos de calidad** establecidos en el Anexo I, sección 2, letra a), el operador de la instalación de regeneración, suspenderá de inmediato todo nuevo suministro de agua regenerada. El restablecimiento del cumplimiento se llevará a cabo cuando al menos tres controles consecutivos del parámetro/s superados estén por debajo del valor máximo autorizado.

Se insta a los Estados miembros a poner en marcha **campañas de información y concienciación** dirigidas a los usuarios finales potenciales, incluidos los ciudadanos, en relación con la seguridad de la reutilización y el ahorro de recursos hídricos derivado. Asimismo también habrá que elaborar campañas de información dirigidas a los agricultores para garantizar de manera óptima el uso que hacen del agua regenerada en los cultivos y, de este modo, evitar los efectos nocivos para la salud o el medio ambiente derivados de dicho uso.

También se regulan otros aspectos de vital importancia como son la **información al público** que deberá estar en línea de una forma adecuada, actualizada y accesible, así como la **información sobre el seguimiento** de la aplicación del Reglamento que debe hacer cada Estado asistido por la AEMA y el **acceso a la justicia**.

Por último, los Estados deberán establecer un régimen de **sanciones** aplicables a cualquier infracción del Reglamento, las cuales serán efectivas, proporcionadas y disuasorias.

Se prevé que el Reglamento sea aplicable dos años después de la fecha de entrada en vigor para que los estados tengan tiempo suficiente de adecuarse al mismo. Asimismo se prevé un plazo de cinco años después de la fecha de entrada en vigor para que la Comisión evalúe la implantación del Reglamento.

4.3. MARCO ESPAÑOL: HITOS

La climatología en España, donde existen zonas de baja pluviometría y largos periodos de sequía, obliga a racionalizar y optimizar la gestión del recurso. Esta condición, junto con el aumento de la demanda, provoca la necesidad de buscar nuevos recursos complementarios o alternativos. Las aguas residuales depuradas y regeneradas son un recurso viable y óptimo. En zonas costeras la reutilización permite un incremento neto del recurso en los casos en los que el agua depurada se vierte al mar o se pierde a través de la evaporación. En zonas de interior permite sustituir al agua potable en los usos que requieren una calidad menos exigente reservando la de mayor calidad para el abastecimiento. Una de las mayores ventajas de la reutilización directa del agua es la garantía tanto de la calidad como del caudal de agua disponible, no dependiendo de la estacionalidad del recurso ni de las épocas de sequía.

- Libro Blanco del Agua

El libro blanco fue publicado por el Ministerio de Medio Ambiente en el año 2000. Se planteó con el objetivo de conseguir un mejor conocimiento de los problemas del agua en España, y una vez descrita la situación en ese momento, estimar la evolución previsible y el establecimiento de opciones y prioridades en el uso del agua y servir de apoyo a la redacción de los planes hidrológicos de cuenca.

En él se menciona la reutilización en varios apartados, uno de ellos es al mencionar la gestión de la demanda indicando textualmente *“El concepto de ahorro de agua se engloba en la actualidad en uno más amplio de conservación del agua, que incorpora todas aquellas técnicas que tienen por objeto el ahorro de agua o la mejor gestión de los recursos, tales como las actuaciones de modernización y rehabilitación de redes, tarificación volumétrica, equipamientos sanitarios de bajo consumo, desarrollo educativo e información pública, **reutilización de aguas residuales**, reciclado, cultivos y jardinería con menos exigencia de agua, etc.”*

En el mismo se presentaban unos datos de volumen de agua reutilizada y las previsiones a largo plazo, haciendo hincapié en que para que los volúmenes indicados fuesen susceptibles de ser regenerados, debía existir una normativa de ámbito estatal que regulase las condiciones básicas para la reutilización directa de las aguas residuales regeneradas, así como la adopción de incentivos financieros para el establecimiento de programas de sustitución -en usos que no requieran una calidad elevada- de aguas potables de las redes municipales, por aguas residuales regeneradas.

- RD 1620/2007, de 7 de diciembre, que establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.

El RD de reutilización establece los mecanismos legales que permiten disponer del agua residual depurada como recurso alternativo, impulsando a su vez planes de reutilización y de usos más eficiente del recurso hídrico. La norma determina los requisitos necesarios para llevar a cabo la actividad de utilización de aguas regeneradas, los procedimientos para obtener la concesión exigida en la ley e incluye disposiciones relativas a los usos admitidos y los criterios de calidad mínimos exigibles.

Se define el concepto de reutilización y se introduce la denominación de aguas regeneradas, más acorde con las posibilidades de reutilización que la norma establece y ampliamente admitida en la doctrina técnica y jurídica. A continuación, se muestran algunas de las definiciones más importantes.

- Aguas depuradas: aguas residuales que han sido sometidas a un proceso de tratamiento que permita adecuar su calidad a la normativa de vertidos aplicable.
- Aguas regeneradas: aguas residuales depuradas que han sido sometidas a un proceso de tratamiento adicional o complementario que permite adecuar su calidad al uso al que se destinan.
- Aguas reutilizadas: aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al

proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida para un nuevo uso privativo, en función de los usos a que se van a destinar antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre.

- Regeneración de aguas: tratamiento adicional al que se someten las aguas depuradas para adecuar su calidad a la normativa de reutilización de aguas.
- Reutilización de las aguas: aplicación antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar.

Se establece que la reutilización de las aguas procedentes de un aprovechamiento requerirá **concesión administrativa** (artículo 59.1 y 109 del texto refundido Ley de Aguas) salvo que fuese solicitada por el titular de una autorización de vertido de aguas residuales, que requerirá solamente una **autorización administrativa**.

El procedimiento para obtener la concesión sigue la tramitación ordinaria de cualquier concesión de aguas públicas. Es preciso que este procedimiento esté acompañado de un informe vinculante de la autoridad sanitaria.

Los plazos de los procedimientos son de 18 y 6 meses, respectivamente, según se tramite la autorización o la concesión. Una vez transcurrido el plazo correspondiente el solicitante deberá considerar desestimada su petición, ya que en ningún caso se entenderá otorgada la concesión por silencio administrativo.

Asimismo, establece un orden de **preferencias en la obtención del título** para poder reutilizar dependiendo de quién lo solicite: cuando el solicitante es el titular de la autorización de vertido tendrá prioridad frente al primer usuario de las aguas, y éste frente a terceros.

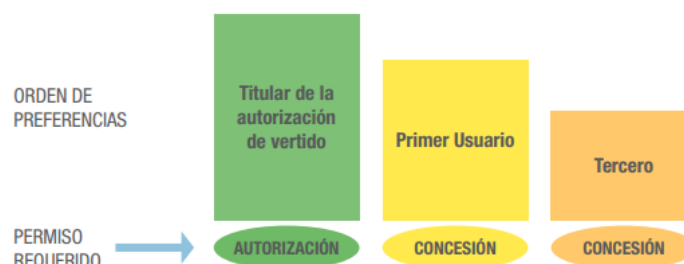


Figura 6: Orden de preferencias en la solicitud. Guía de aplicación del RD 1620/2007

Se establecen **cinco grupos de usos** (urbanos, agrícolas, industriales, recreativos y ambientales), con los correspondientes subgrupos de calidad y valores paramétricos máximos admisibles.

La norma también contempla **usos prohibidos** que son: consumo humano, salvo en situaciones catastróficas; usos propios de la industria alimentaria excepto para aguas de proceso y limpieza; uso en instalaciones hospitalarias: para el cultivo de moluscos filtradores en acuicultura; uso recreativo como aguas de baño; uso en torres de refrigeración y condensadores evaporativos excepto lo previsto en este uso industrial en la norma; uso en fuentes y láminas ornamentales en espacios públicos o interiores de edificios públicos; y cualquier otro uso que las autoridades consideren que conlleva riesgos para la salud o perjuicio para el medio ambiente.

Los **parámetros** que siempre hay que controlar son: Nematodos intestinales, Escherichia coli, sólidos en suspensión y turbidez. Los dos primeros como indicadores **microbiológicos** y los otros dos como **físico-químicos**.

Asimismo, y dependiendo del tipo de aplicación o destino del agua regenerada, el RD de reutilización exige controlar otro tipo de parámetros, como por ejemplo, la Legionella spp. en caso de que se produzca aerosolización, o el nitrógeno y el fósforo total en el caso de recarga de acuíferos o llenado de estanques con riesgo de eutrofización. Según la autorización de vertido será necesario controlar el resto de parámetros que en ella se limiten. Cuando se trate de sustancias peligrosas, se deberá asegurar el respeto de las Normas de Calidad Ambiental⁴.

Con el fin de comprobar que el tratamiento de regeneración cumple con los objetivos de calidad exigidos por el RD de reutilización, el titular debe llevar a cabo el programa de control analítico o **Autocontrol**. Dicho programa consiste en la realización de una serie de mediciones de los distintos parámetros, con las frecuencias establecidas para cada uno de ellos y en cada uno de los puntos de control. Los puntos de control establecidos por el RD de reutilización se sitúan en la salida de la estación regeneradora y en cada uno de los puntos de entrega al usuario. De esta forma se comprueba que el efluente regenerado no ha sufrido ningún cambio durante su distribución respecto a la calidad inicial. La realización del control en la salida de la estación regeneradora y en los puntos de entrega al usuario permite identificar si un incumplimiento de la calidad del agua se debe al tratamiento de regeneración o bien ha sido generado durante la distribución del agua. De esta forma se pueden determinar las medidas más adecuadas para solucionarlo.

Los organismos responsables de la **inspección y vigilancia** de la producción, distribución y uso de las aguas regeneradas corresponden al organismo de cuenca y a la autoridad sanitaria actuando cada uno en el ámbito de sus competencias. Las competencias de los organismos de cuenca se fijan en el texto refundido de la Ley de Aguas y son responsables de inspeccionar y vigilar el cumplimiento de las condiciones fijadas en la autorización de vertido y en la autorización o concesión de reutilización. Es decir, es responsable del control de las aguas residuales hasta el punto de entrega de las aguas depuradas y de las aguas regeneradas hasta el punto de entrega de las mismas.

⁴ Norma de Calidad Ambiental: la concentración de un determinado contaminante o grupo de contaminantes en el agua, en los sedimentos o en la biota, que no debe superarse con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente

Las autoridades sanitarias son responsables de inspeccionar y vigilar la calidad del agua desde el punto de entrega de las aguas regeneradas hasta el lugar de uso.

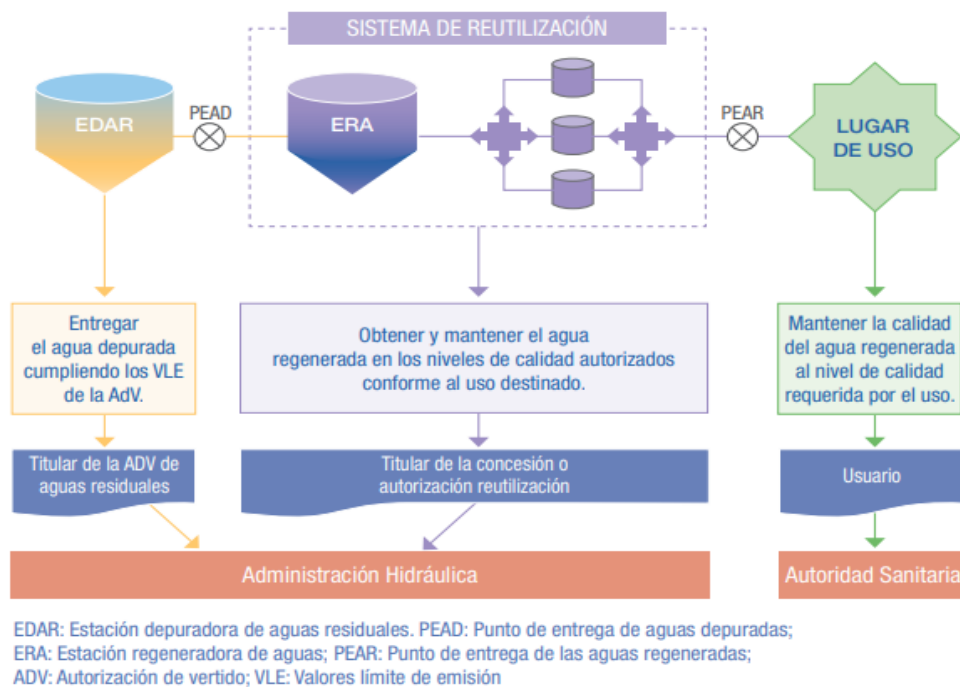


Figura 7 Distribución de responsabilidades en la calidad y la inspección. Guía de aplicación del RD 1620/2007.

- Plan DSEAR: Plan Nacional de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización

Surge como consecuencia de los informes de seguimiento de los planes hidrológicos y de sus programas de medidas de segundo ciclo de planificación (2015-2021) que ponen en evidencia que el avance en la ejecución de las acciones requeridas para lograr los objetivos de la planificación no se viene produciendo al ritmo necesario.

Su diseño se establece con el propósito de garantizar una gestión sostenible basada en el ciclo integral del agua. Órgano responsable es el MITECO y promotor a través de la Dirección General del Agua.

Se dispone de una base de datos nacional que documenta todas las medidas programadas por los 25 planes hidrológicos españoles (<https://servicio.mapama.gob.es/pphh-web/>, 2019).

Es de destacar que el Tribunal de Justicia de la Unión Europea (TJUE) ha condenado a España por su retraso en atender las obligaciones de tratamiento de las aguas residuales procedentes de nueve aglomeraciones urbanas de más de 15.000 habitantes. La sentencia condena a España a abonar a la Comisión Europea una multa coercitiva de un importe de 10.950.000 euros por cada semestre de retraso y una suma a tanto alzado de 12 millones de euros.

En la actualidad, el 99,3% del total de las aglomeraciones españolas (2.083) cumplen con los requisitos de recogida de las aguas residuales. El 85,2% de la carga contaminante total es objeto de un

tratamiento secundario de depuración y el 73% de la carga que llega a zonas sensibles es objeto de un tratamiento terciario más riguroso (MITECO, 2019).

El plan exige revisar y actualizar las acciones planteadas fijando los criterios generales (económicos, sociales y ambientales) y de coordinación administrativa que deban aplicarse para verificar que dichas medidas son viables y ser llevadas a cabo eficazmente, sin dificultades inesperadas y en los plazos requeridos.

Un papel importante del Plan es establecer el papel de las distintas administraciones competentes mediante la definición y clarificación de sus responsabilidades en el proyecto, evaluación, construcción y explotación de todas las actuaciones.

Los resultados se deberán integrar en los mecanismos de planificación hidrológica formalmente establecidos: planes hidrológicos de cuenca y plan hidrológico nacional, según su naturaleza y alcance.

Objetivos: ordenar, clarificar y priorizar las medidas que España está obligada a llevar a cabo en las materias señaladas (saneamiento y depuración, eficiencia, ahorro y reutilización) y otras conexas para lograr la imprescindible transición ecológica.

Objetivos específicos:

Gobernanza: borradores de propuestas normativas entre las que se especifican aquellas que mejoren la eficiencia energética integral de las plantas de tratamiento, regeneración y reutilización de aguas residuales y aquellas que fomenten la reutilización de las aguas residuales regeneradas.

Operativo: identificación y priorización de las medidas a acometer, se trasladarán a los organismos de cuenca para su incorporación en los planes hidrológicos de tercer ciclo.

Dentro de los documentos de dicho plan que han sido sometidos a participación pública a finales del año 2018 y principios del 2019 (directrices, programas de trabajo, calendario y fórmulas de participación) puede encontrarse un Anejo con los listados de medidas de reutilización por demarcación hidrográfica y por Comunidades Autónomas.

Demarcación Hidrográfica	Número de medidas	Inversión (€) H 2016-2021	Inversión (€) H 2022-2027	Inversión (€) H 2028-2033
MIÑO-SIL	4	3.356.779		
GALICIA-COSTA	0			
CANTÁBRICO ORIENTAL	4	26.000.000		
CANTÁBRICO OCCIDENTAL	13	6.000.000	53.400.000	
DUERO	0			
TAJO	10	303.484.756		
GUADIANA	0			
GUADALQUIVIR	4	9.397.638	10.000.000	
CUENCAS MEDITERRANEAS ANDALUZAS	16	23.600.000	22.000.000	
GUADALETE Y BARBATE	1		1.062.000	
TINTO, ODIEL Y PIEDRAS	1		1.062.000	
SEGURA	19	29.034.788	29.239.460	
JUCAR	17	36.762.008	69.000.726	
EBRO	15		70.146.720	16.530.864
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	6	6.250.000		
ISLAS BALEARES	18	32.055.741	31.908.571	
GRAN CANARIA	0			
FUERTEVENTURA	1	10.000		
LANZAROTE	4	1.520.434		
TENERIFE	1	6.398.583		
LA PALMA	0			
LA GOMERA	2	700.000		
EL HIERRO	2	106.000		
CEUTA	2	5.300.000	8.000.000	
MELILLA	0			
Total general	140	489.976.727	295.819.478	16.530.864

Tabla 2: Medidas de reutilización por demarcación hidrográfica y por Comunidades Autónomas, Fuente :MITECO

5. CALIDAD ADECUADA A LOS USOS. COMPARATIVA DE LA NORMATIVA PROPUESTA POR LA COMISIÓN EUROPEA Y LA REGULACION ESPAÑOLA.

La reutilización «adecuada a los fines» significa que las exigencias en materia de la intensidad del tratamiento serán dictadas por la calidad de agua necesaria para ese fin en particular.

La finalidad de un sistema de tratamiento de regeneración, es mejorar la calidad del efluente depurado en la EDAR para cumplir los requisitos de calidad de las aguas regeneradas. Para ello, es preciso complementar las instalaciones de tratamiento previas con procesos avanzados que reduzcan la carga contaminante residual hasta valores admisibles para el uso al que vaya a destinarse el agua producto.

El tratamiento de regeneración tiene como objetivo principal reducir la cantidad de agentes patógenos que hayan sobrevivido a los tratamientos de depuración, así como reducir el nivel de sólidos en suspensión y turbidez, a fin de adaptarse a calidades mínimas exigidas para su uso.

En función de la calidad del efluente secundario y del tipo de reutilización, se aplican una serie o combinación de procesos unitarios físicos, químicos y biológicos.

En un proyecto de regeneración de agua existen dos requisitos esenciales y complementarios:

- Definir los niveles de calidad adecuados a los posibles usos
- Establecer los procesos de tratamiento y los límites de calidad de efluentes recomendados para cada uno de los usos previstos.

El aprovechamiento de un agua regenerada requiere normalmente de los tres siguientes elementos técnicos, que constituyen el núcleo central de un programa de reutilización planificada de agua residual:

- Transporte desde la planta de regeneración hasta el lugar de utilización
- Almacenamiento o regulación para adecuar el caudal suministrado por la planta a los caudales consumidos
- Definir unas normas de utilización del agua que permita minimizar los posibles riesgos directos o indirectos para el medio ambiente, las personas que la utilizan, la población circundante al lugar de uso y los consumidores de cualquier producto cultivado con el agua regenerada.

Partiendo de un agua procedente de una EDAR convencional se ha de exigir como mínimo respetar las condiciones de vertido de la Directiva 271/91/CEE o lo que en cada caso se aplique siempre y cuando estas condiciones sean más restrictivas. Esta directiva prevé vertido a cauce público y la calidad de vertido relativa a parámetros de contaminación globales tales como:

- Materia orgánica
- Materia en suspensión (SS)
- Nutrientes (N y P), sólo cuando sea de aplicación por punto de vertido sensible

Esta calidad del agua para vertido a cauce público no prevé otros criterios directamente relacionados con las necesidades del destino final de esta agua en caso de ser reutilizada, como por ejemplo:

- Microorganismos patógenos, virus, parásitos, etc.
- Sales
- Elementos contaminantes específicos que pueden invalidar el uso de esta agua para aplicaciones concretas (Boro con regadío de cítricos)

Se ha observado que el condicionante esencial en los tratamientos de regeneración es el nivel de desinfección, por ello en primer lugar se han agrupado todas las calidades recogidas en el RD de reutilización según la calidad bacteriológica exigida. De este modo se han establecido 6 tipos de calidad (A, B, C, D, E y F), teniendo en cuenta fundamentalmente los límites indicados respecto a Escherichia coli, nematodos intestinales y Legionella spp.

Usos	Tipo de calidad	Escherichia coli (UFC/100 ml)	Nematodos	Legionella spp.(UFC/100 ml)
Residenciales	A	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Torres de refrigeración y condensadores evaporativos		Ausencia	<1huevo/10 l	<100
Recarga de acuíferos inyección directa		Ausencia	<1huevo/10 l	No se fija límite
Servicios urbanos Riego agrícola sin restricciones Riego de campos de golf	B	<100-200	<1huevo/10 l	<100
Riego de productos agrícolas que no se consumen frescos Riego de pastos animales productores Acuicultura Aguas proceso y limpieza industria alimentaria	C	<1.000	<1huevo/10 l	No se fija límite
Recarga de acuíferos por percolación		<1.000	No se fija límite	No se fija límite
Riego de cultivos leñosos, viveros y cultivos industriales Masas de agua sin acceso público	D	<10.000	<1huevo/10 l	<100
Riego de bosques y zonas verdes no accesibles al público	E	No se fija límite	No se fija límite	No se fija límite
Ambientales: mantenimiento humedales, caudales mínimos	F	La calidad se estudiará caso por caso		

Tabla 3: Tipos de calidad según los límites bacteriológicos del RD de reutilización. Elaboración propia.

También hay que considerar la existencia de tres usos en los que se limita el N y el P, que exigirán un tratamiento complementario (nitrificación-desnitrificación, precipitación química del P, etc.)

- Estanques, masas de agua y caudales circulantes (PT < 2 mg/l)
- Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno (NT < 10 mg/l y NO₃ < 25 mg/l)
- Recarga de acuíferos por inyección directa (NT < 10 mg/l y NO₃ < 25 mg/l)

La Comisión Europea en su propuesta de requisitos mínimos para la reutilización del agua de momento sólo plantea el uso destinado al riego agrícola. Se distinguen tres tipos de cultivos:

- Cultivos de alimentos que se consumen crudos, esto es, aquellos destinados al consumo humano que se consumen crudos o no transformados.
- Cultivos de alimentos transformados, esto es, aquellos destinados al consumo humano que no se consumen crudos, sino después de un proceso de tratamiento (cocción, transformación industrial).
- Cultivos no alimentarios, esto es, aquellos que o están destinados al consumo humano (por ejemplo, pastos, forrajes, fibras, ornamentales, semillas, energéticos y turba).

Establece unas categorías de calidad asociadas al tipo de cultivo y a los métodos de riego:

Categoría de calidad	Categoría de cultivo	Método de riego
A	Todos los cultivos alimentarios, incluidos los tubérculos que se consumen <u>crudos</u> y los cultivos alimentarios en los que la parte comestible está en <u>contacto directo</u> con las aguas regeneradas.	Todos los métodos de riego
B	Los cultivos de alimentos que se consumen <u>crudos</u> cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y <u>no está en</u>	Todos los métodos de riego
C	<u>contacto directo</u> con las aguas regeneradas, los cultivos de <u>alimentos transformados</u> y los cultivos no alimentarios, incluidos los cultivos para alimentar animales productores de carne o leche.	Riego por goteo únicamente*
D	Cultivos industriales, energéticos y productores de semillas.	Todos los métodos de riego

Tabla 4: Tipos de calidad según el tipo de cultivo y método de riego propuesto por la CE. Elaboración propia.

En función de cada tipo de calidad de agua regenerada establece unos requisitos de calidad

Categoría de calidad	E. Coli (UFC/100ml)	SST (mg/l)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/l)	Otros
A	≤ 10 o LD	≤ 10	≤ 5	≤ 10	Legionella spp.
B	≤ 100	Con arreglo a la Directiva de aguas residuales	-	Con arreglo a la Directiva de aguas residuales	Nematodos intestinales
C	≤ 1000		-		Salmonella: ausente
D	≤ 10000		-		

Tabla 5: Requisitos mínimos de calidad propuestos por la CE. Elaboración propia.

En lo que respecta al uso agrícola en España se contemplan 3 categorías de calidad teniendo en cuenta si existe contacto del agua regenerada con las partes comestibles o no:

- Productos de consumo humano en fresco
- Productos de consumo humano no fresco, consumo animales productores, acuicultura
- Cultivos leñosos, ornamentales, no alimentarios

Categoría de calidad	Categoría de cultivo
2.1	- Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el <u>contacto directo</u> del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana <u>en fresco</u> .
2.2	- Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación que <u>no evita el contacto directo</u> del agua regenerada con las partes comestibles, pero el <u>consumo no es fresco</u> sino con un tratamiento industrial posterior. - Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne - Acuicultura
2.3	- Riego localizados de cultivos leñosos <u>que impida el contacto del agua regenerada</u> con los frutos consumidos en la alimentación humana - Riego de cultivo de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones. - Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas.

Tabla 6: Categorías de calidad asociadas al tipo de cultivo España. Elaboración propia.

Categoría de calidad	E. Coli (UFC/100ml)	SS mg/l	Turbidez (NTU)	Nematodos intestinales	Otros
2.1	100	20	10	1 huevo/10 L	Legionella spp. 1000 UFC/l Presencia/ausencia de patógenos
2.2	1000	35	No se fija	1 huevo/10 L	Taenia saginata y Taenia solium: 1 huevo/l (pastos consumo animales productores de carne)
2.3	10000	35	No se fija	1 huevo/10 L	Legionella spp. 100 UFC/l

Tabla 7: Criterios de calidad asociada a los usos España. Elaboración propia.

6. DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente se pueden destacar los siguientes beneficios de la práctica de la reutilización de aguas:

- ✓ Nueva fuente de suministro de agua, capaz de aportar recursos hídricos adicionales, bien sea como recursos netos, o bien como recursos alternativos que permiten liberar recursos de agua de mejor calidad para destinarlos a usos más exigentes, como el abastecimiento público.
- ✓ Reducción del aporte de contaminantes biodegradables a los cursos naturales de agua, en particular cuando la reutilización se efectúa mediante riego agrícola, de jardinería o forestal. La reutilización del agua mediante el riego permite que las sustancias orgánicas puedan ser degradadas biológicamente en el suelo.
- ✓ Reducción o incluso supresión de instalaciones adicionales de tratamiento de agua de abastecimiento, con la siguiente reducción que ello representa tanto de los efectos desfavorables sobre los cursos naturales de agua como de los costes de abastecimiento de agua.
- ✓ Ahorro energético, al evitar la necesidad de aportes adicionales de agua desde zonas más alejadas a la de la planta de regeneración de agua.
- ✓ Reducción de las aportaciones de dióxido de carbono a la atmósfera, en razón de los menores consumos energéticos.
- ✓ Aprovechamiento de los elementos nutritivos contenidos en el agua, especialmente cuando el agua regenerada se utiliza para riego agrícola y de jardinería.
- ✓ Mayor fiabilidad y regularidad del caudal de agua disponible. Los flujos de agua depurada tienen una garantía mucho mayor que la mayoría de fuentes naturales de agua, especialmente en zonas

semi-áridas como las mediterráneas españolas. La estacionalidad de la población en las zonas costeras españolas hace que los mayores caudales de agua disponibles se registren precisamente durante la temporada estival, cuando se producen las mayores demandas de agua para riego.

Una de las cuestiones a tener en cuenta para el desarrollo de la reutilización es la rentabilidad de los proyectos que se planteen. Es característico de la reutilización que la fuente del recurso sea de tipo puntual, no como en la explotación de aguas superficiales o subterráneas en las que, respectivamente, es lineal (cauce de los ríos) o superficial (acuíferos), lo que hace que en este sistema las inversiones en obras de transporte y conducción del agua sean habitualmente mayores que en los anteriores. La posible cantidad de recurso explotable mediante este sistema es, obviamente, menor que con los convencionales de aguas superficiales y/o subterráneas. No obstante, como se ha desarrollado anteriormente los mayores costes corresponden a la regulación y distribución del recurso.

Respecto a la economía de inversiones, suele pensarse que la reutilización del agua es una fuente alternativa de agua barata. En general, esta hipótesis es cierta solamente cuando las instalaciones de regeneración están situadas en las proximidades de las zonas donde se piensa utilizar el agua y no es necesario realizar ningún tratamiento adicional del efluente disponible. En caso contrario, el coste del sistema de distribución del agua regenerada suele constituir la partida principal del presupuesto de un proyecto de reutilización.

La valoración económica de un proyecto de reutilización de agua consta de dos elementos básicos:

1.- el coste de producir el agua regenerada que depende de la capacidad de la ERA y la calidad tanto de la materia prima (efluente depurado) utilizada como de la calidad requerida para el agua regenerada.

2.- el coste de la regulación y la distribución del agua regenerada (proceso de reutilización) para ponerla a disposición de los usuarios.

Como suele ser aplicable al sector de la provisión de agua para consumo público, el mayor coste de esos dos elementos corresponde a la regulación y la distribución del recurso (Mujeriego, 2016).

Los inconvenientes que plantea la reutilización están relacionados con el origen de las aguas que son tratadas ya que las actividades humanas aportan contaminantes microbiológicos y químicos a dichas aguas. Por ello una de las mayores preocupaciones son los riesgos para la salud y la consecuente aceptación por el público.

Es cierto que las aguas residuales brutas contienen numerosos compuestos y microorganismos. El proceso de depuración y el posterior de regeneración hacen que las aguas resultantes sean incluso mejores que las de muchos cauces convencionales, en los que suele ocurrir la reutilización incidental de vertidos aguas arriba (Mujeriego, 2016).

No obstante, una de las barreras más importantes que se enfrentan los gestores cuando quieren introducir las aguas regeneradas, además del reto tecnológico, de la minimización de riesgos para

garantizar la calidad, de los costes de inversión, los costes de gestión, especialmente energéticos, los problemas de la distribución diferenciada, etc., es la percepción de dicha agua por la sociedad, donde cualquier incidencia puede generar problemas, además de un coste a la reputación, a la administración pública o la empresa que lo desarrolla.

7. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

En un mundo donde la demanda de agua dulce aumenta de forma permanente y los escasos recursos hídricos se ven cada vez más exigidos por la captación excesiva, la contaminación y el cambio climático, sería sencillamente impensable no aprovechar las oportunidades derivadas de una mejor gestión de las aguas residuales.

El aumento de población experimentado por numerosas zonas urbanas ha hecho que las fuentes de abastecimiento tradicionales sean insuficientes para atender las demandas actuales. Las distancias crecientes entre las nuevas fuentes de abastecimiento y los núcleos urbanos, las limitaciones ambientales para construir nuevos embalses y las sequías plurianuales han llevado a numerosas poblaciones a plantearse la utilización de aguas residuales tratadas como fuente adicional de agua para aprovechamientos que no requieran una calidad de agua potable.

Por otra parte, las cada vez mayores exigencias sanitarias y ambientales sobre la calidad de las aguas continentales y marinas, junto con los requisitos de ubicación y los niveles de tratamiento cada vez más estrictos impuestos a los vertidos de aguas residuales, han hecho que el agua residual regenerada se convierta en una fuente alternativa de abastecimiento, económica y segura desde el punto de vista sanitario y ambiental.

La elección de utilizar una u otra tecnología para el tratamiento del agua se planea desde el punto de vista de la mejor tecnología disponible, si bien este concepto engloba muchos aspectos y muy distintos en relación con la tecnología a implantar; desde los socio-económicos hasta los tecnológicos, pasando por los análisis de ciclo de vida.

Es necesario impulsar la I+D+i para mejorar los rendimientos y la fiabilidad de las tecnologías de regeneración (mejorar parámetros de diseño, combinación de tecnologías, etc.)

En el mundo urbano, a causa principalmente del crecimiento económico, el consumo de productos es cada vez más elevado, y una gran cantidad de productos nuevos, como los fármacos o los productos de uso personal, está aumentando de una forma muy importante. En este sentido, también es necesaria una investigación relacionada con la transformación de contaminantes prioritarios y emergentes en el medio ambiente y en los procesos de tratamiento.

La constatación de que la distribución del agua regenerada, mediante una nueva red de distribución, ha llegado en muchos casos a su límite práctico, debido a la inversión requerida, está llevando a intensificar la aplicación de técnicas de regeneración capaces de producir un agua de calidad igual o superior a la del agua de consumo humano obtenida desde fuentes convencionales. Esto está

significando un cambio sustancial de estrategia: obtener un agua de tal calidad como para poderla introducir en los conductos convencionales de aprovisionamiento de agua de consumo humano, bien sea de forma indirecta (mediante mezcla previa en embalses o acuíferos) como se está haciendo en el sur de California y en Singapur, o de forma directa en la red de distribución de agua de consumo humano, como se está realizando en la ciudad de Windhoek, capital de Namibia.

El gran reto que la reutilización potable plantea consiste fundamentalmente en la necesidad de conseguir la aceptación pública de esta nueva forma de gestionar los recursos, más allá del cumplimiento de las normas de calidad establecida o el coste de producir un agua de esa calidad. Ahí es donde entidades pioneras, como el Orange County Water District en California o el Public Utility Board de Singapur, están dedicando gran parte de sus esfuerzos a demostrar, documentar y divulgar ante los usuarios la bondad y la inocuidad de sus propuestas.

Las evidencias técnicas y científicas no consiguen mitigar el rechazo social asentado durante siglos de no consumir aguas residuales que se asentó en la consciencia social como necesaria medida sanitaria. Asimismo, se esgrimen argumentos relacionados con el riesgo de no poder eliminar determinados contaminantes que los análisis tradicionales no identifican. El debate está en cualquier caso servido, pero en ningún caso acabado y debe abordarse.

7. BIBLIOGRAFÍA

Amec Foster Wheeler Environment & Infraestructure UK Ltd, IEPP, ACTeon IMDEA and NTUA Informe "EU-level instruments on water reuse", Amec FW et al., 2016

Arturo Trapote Jaume, 2016. Segunda edición. Depuración y regeneración de aguas residuales urbanas, 589-605.

Ayuntamiento de Madrid. Agua regenerada, 2019

<https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Buscador-Simple/Reutilizacion-planificada?vgnextfmt=default&vgnextoid=a3651a824d4ae210VgnVCM2000000c205a0aRCRD&vgnnextchannel=8db7566813946010VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>

BIO Report "Optimising water reuse in the EU", 2015

Cátedra AQUAE Economía del Agua <http://blogs.uned.es/catedra-aquae/>

Centro Común de Investigación (JRC, siglas en inglés) Minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge, 2017

Centro Común de Investigación (JRC) Report "Water Reuse in Europe" , 2014

Comisión Europea, Afrontar el desafío de la escasez de agua y la sequía en la Unión Europea, 2007

Comisión Europea, Plan para salvaguardar los recursos hídricos de Europa, 2012

Comisión Europea, Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua.

Confederación Hidrográfica del Segura. Plan hidrológico de la demarcación del Segura, 2015-2021

Directiva de Tratamiento de Aguas Residuales <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM%3A28008> (último acceso 2019)

Directiva Marco del Agua <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=LEGISSUM%3A28002b> (último acceso 2019)

Eurostat database 2017 WEI- <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>

Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas 2017: Aguas residuales: el recurso desaprovechado (<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>)

Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas del 2019 No dejar a nadie atrás (<https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019>)

José Sáez Mercader, 2010 Primera edición, 2010. Reutilización de aguas regeneradas. Aspectos tecnológicos y jurídicos. Fundación Instituto Mediterráneo del Agua. Capítulo VI.

Ministerio para la Transición Ecológica, Directrices, programa de trabajos, calendario y fórmulas de participación" del Plan Nacional de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización <https://www.miteco.gob.es/es/agua/participacion-publica/PP-Plan-DSEAR.aspx> 2019

Ministerio para la Transición Ecológica, Guía para la aplicación del RD 1620/2007 por el que se establece el Régimen Jurídico de la Reutilización de las aguas depuradas, 2010

Organización Mundial de la Alimentación y Agricultura FAO, Informe sobre temas hídricos 35. Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos? 2013

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP) (último acceso 2019)

Rafael Mujeriego, 2016. Entrevista para la revista RETEMA (Revista Técnica de Medio Ambiente)

Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-21092>

Texto Refundido de la Ley de Aguas <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-14276>

Universidad Técnica de Múnich "Characterization of unplanned water reuse", TUM, 2017

"Wastewater reuse in the European Union", TYPESA, April 2012 and update of April 2013

Water Reuse Europe Report Water Reuse Europe Review 2018- https://www.water-reuse-europe.org/wp-content/uploads/2018/08/wre_review2018_final.pdf