

REUTILIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y CALIDAD DEL AGUA

**ANÁLISIS
DE SUS RELACIONES COMPLEJAS
CON LA SOSTENIBILIDAD**



Fundación
**Nueva
Cultura
del Agua**

Financiación y publicidad

Este proyecto de investigación está cofinanciado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico a través de la convocatoria 2021 de subvenciones a ONG que desarrollen actividades de interés general consideradas de interés social en materia de investigación científica y técnica de carácter medioambiental.

Todos los materiales generados dentro del proyecto contienen publicidad de esta financiación.

La web del proyecto se puede consultar en: <https://bit.ly/3Gt0GXi>



Esta obra tiene una licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional

Noviembre 2021

Equipo investigador

Julia Martínez

Joan Corominas

Adrián Iglesias González

Miguel Ángel Esteve Selma

Ricardo Aliod

Laura Sánchez

Presentación

1- Introducción y objetivos

2- Metodología y actividades realizadas

3- Resultados

3.1. Marco conceptual

3.1.1. Consideraciones generales

3.1.2. Reutilización de aguas residuales: efectos ambientales de diverso signo

3.2. La reutilización del agua en España y Europa

3.2.1. Situación en España

3.2.2. Regulación europea de la reutilización del agua

3.3. Más allá de la reutilización de aguas residuales. El caso de la reutilización de aguas residuales en la cuenca del Mar Menor

3.2.1. Situación en España

3.2.2. Regulación europea de la reutilización del agua

3.3.1. Antecedentes de la reutilización de drenajes agrarios en el Campo de Cartagena

3.3.2. La nueva propuesta de reutilización de drenajes agrarios contenida en el Proyecto Vertido Cero para el Mar Menor

3.4. Reutilización y calidad del agua. Propuestas para una economía circular avanzada del agua

3.4.1. Integrar la reutilización de aguas regeneradas en una planificación hidrológica sostenible a escala de cuenca

3.4.2. Incorporar la gestión diferencial de la calidad del agua en el marco de la economía circular del agua

- 3.4.3. Desarrollar la economía circular del agua a distintas escalas espaciales y unidades de gestión
- 3.4.4. Acoplar la recuperación de energía y materiales en las aguas regeneradas
- 3.4.5. Abordar el reto de los contaminantes emergentes en las aguas residuales
- 3.4.6. Incorporar una visión integrada de la distribución de costes y de principio quien contamina paga con criterios de equidad social
- 3.4.7. Consideraciones finales

4- Conclusiones

5- Referencias

6- Balance económico

Presentación

El presente documento constituye la Memoria justificativa del proyecto de investigación: **“Reutilización de recursos hídricos y calidad del agua. Análisis de sus relaciones complejas con la sostenibilidad”**.

Dicho proyecto se enmarca en la materia de investigación: **d) Prevención de la contaminación**, de la Convocatoria del *Ministerio para la Transición Ecológica para 2020 de la concesión de subvenciones a entidades del Tercer Sector u Organizaciones no Gubernamentales que desarrollen actividades de interés general consideradas de interés social en materia de investigación científica y técnica de carácter medioambiental*.

El equipo de investigación de este proyecto, desarrollado a lo largo de 20201, está formado por los siguientes investigadores de la Fundación Nueva Cultura del Agua:

- Julia Martínez. Doctora en Biología por la Universidad de Murcia, profesora del Máster Propio en Gestión Sostenible del Agua de la Universidad de Zaragoza, experta en dinámica socioambiental del agua .
- Joan Corominas. Ingeniero Agrónomo, especialista en Hidrogeología, Regadíos y Planificación Hidrológica, con amplia experiencia profesional en agua, regadíos, infraestructuras, gestión de recursos naturales y medio ambiente.
- Adrián Iglesias González. Grado en Ciencias Ambientales, Máster en Análisis Químico y Calidad en Laboratorios y Máster en Gestión Ambiental, con experiencia en análisis y control en plantas de depuración de aguas residuales.
- Miguel Ángel Esteve Selma. Catedrático de ecología de la Universidad de Murcia, experto en ecosistemas mediterráneos, impactos del cambio climático sobre la biodiversidad, ecología de humedales y gestión del medio natural.
- Ricardo Aliod. Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad de Zaragoza y Profesor Titular del Área de Mecánica de Fluidos de la Universidad de Zaragoza. Experto en Ingeniería Hidráulica y Gestión de Regadíos, así como en desarrollo y aplicación de software avanzado en diversos ámbitos de la ingeniería hidráulica.
- Laura Sánchez. Licenciada en Dirección y Administración de Empresas, Máster en Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas, experta en economía del agua.

La consideración del agua reutilizada como un nuevo recurso hídrico se refiere a la reutilización directa (sin previa devolución de los retornos a ríos y cauces) de las aguas residuales depuradas, normalmente para uso en regadío. Esta visión ignora que dichos recursos ya se estaban reutilizando, si bien de forma indirecta, a través del retorno de las aguas residuales urbanas (depuradas o no) a los caudales circulantes.

La reutilización directa del agua y de forma más general la economía circular del agua, puede ayudar a reducir las captaciones, dando un nuevo uso al agua ya utilizada. La economía circular del agua puede también contribuir a reducir los flujos contaminantes, dado que las aguas residuales son reutilizadas de nuevo, de forma que la posible carga contaminante que puedan mantener tras los procesos de depuración, no es aportada a los ecosistemas naturales. Existen además otros aspectos que relacionan contaminación y economía circular del agua, como la existencia de contaminantes emergentes en las aguas residuales depuradas que pueden limitar la reutilización de aguas regeneradas.

La reutilización directa de los recursos procedentes de las aguas regeneradas, bien planificada y gestionada, puede complementar las medidas principales de gestión de la demanda, con el fin de aliviar la presión que los distintos usos ejercen sobre los ecosistemas hídricos y sobre el estado ecológico de ríos, acuíferos y ecosistemas costeros. Sin embargo, la regeneración de aguas residuales, en tanto que medida de oferta, incrementa los recursos disponibles, lo cual puede inducir de forma indirecta el incremento de las demandas. Por otra parte, la reutilización directa de las aguas regeneradas, sin que tales caudales se devuelvan al ciclo natural (ríos y cauces públicos), puede tener un efecto negativo sobre los caudales circulantes y sobre los servicios ecosistémicos de los mismos, especialmente en ciertos ámbitos de los países mediterráneos, donde el retorno a los ríos de las aguas depuradas puede constituir una proporción significativa de los caudales circulantes.

Este proyecto de investigación ha abordado la problemática general de la economía circular del agua, incluyendo sus efectos sobre los ecosistemas naturales, la problemática de los contaminantes emergentes, las relaciones entre economía circular del agua y gestión inteligente o diferencial de la calidad del agua y las potencialidades y limitaciones de la reutilización del agua en otros ámbitos diferentes a la reutilización de aguas residuales. Sobre este último aspecto se celebró un taller para la validación participativa de los resultados relativos a las ventajas e inconvenientes de la reutilización de drenajes agrarios para su uso de nuevo en regadío y sus implicaciones en relación con la contaminación difusa en el Mar Menor y el Mediterráneo. Finalmente se elaboró un conjunto de propuestas que permitan avanzar hacia una economía circular del agua avanzada.

1. Introducción y objetivos

El agua constituye sin duda el recurso natural más esencial para la vida y, a la vez, es el recurso natural más amenazado desde el punto de vista de un uso sostenible del mismo. Por ello resulta especialmente urgente la puesta en marcha de estrategias que contribuyan a una mayor sostenibilidad del agua y permitan reducir las presiones sobre los ríos, manantiales, acuíferos y resto de ecosistemas acuáticos. Estas presiones son tanto cuantitativas como cualitativas, ligadas a distintos flujos de contaminación tanto puntual como difusa.

Como una medida para reducir tales presiones cuantitativas y cualitativas sobre los ecosistemas naturales se viene proponiendo de forma creciente la economía circular del agua. En primer lugar la economía circular del agua puede ayudar a reducir las captaciones, dando un nuevo uso al agua ya utilizada. En segundo lugar, la economía circular del agua puede contribuir a reducir los flujos contaminantes, dado que las aguas residuales son reutilizadas de nuevo, de forma que la posible carga contaminante que puedan mantener tras los procesos de depuración, no es aportada a los ecosistemas naturales.

Existen además otro aspectos en el que existe una estrecha relación entre contaminación y economía circular del agua: la existencia de contaminantes emergentes en las aguas residuales depuradas que constituyen limitaciones a la reutilización del agua o que, al menos, condicionan los usos para los que dicha reutilización es posible.

Por todo ello en este proyecto de investigación pretendemos abordar la problemática general de la economía circular del agua, incluyendo sus efectos sobre los ecosistemas naturales, la problemática de los contaminantes emergentes, las relaciones entre economía circular del agua y gestión inteligente o diferencial de la calidad del agua y las potencialidades y limitaciones de la reutilización del agua en otros ámbitos diferentes a la reutilización de aguas residuales, como es el caso de la reutilización de drenajes agrarios y sus posibles efectos sobre los flujos contaminantes, a través del caso de estudio del Mar Menor.

Objetivos específicos

El presente proyecto de investigación pretende abordar el estado de la cuestión, con especial atención a la situación en España a través de los siguientes objetivos específicos:

- Explorar los avances en economía circular del agua a nivel europeo, especialmente en relación con la estrategia de reutilización de aguas residuales aprobada recientemente.
- Analizar los efectos potenciales, positivos y negativos, que la reutilización del agua puede generar para un uso sostenible de este recurso natural.
- Analizar las relaciones entre economía circular del agua y gestión inteligente o diferencial de la calidad del agua.
- Elaborar un conjunto de propuestas para una economía circular del agua avanzada, que permitan potenciar sus beneficios y reducir sus riesgos, así como mejorar la adaptación de la gestión del agua frente a los retos del cambio climático.
- Analizar la potencialidad de la economía circular del agua en ámbitos distintos al de las aguas residuales, como es la reutilización de drenajes agrarios, y su potencialidad para mitigar los flujos de contaminación difusa, a través del caso del Mar Menor.

2. Metodología y actividades realizadas

Este proyecto de investigación se ha llevado a cabo a través de las siguientes fases metodológicas:

- Recopilación y análisis de la documentación disponible en España y Europa en relación con la economía circular del agua: marco normativo, planes y principales actuaciones.
- Aplicación de un enfoque sistémico a la economía circular del agua: interacciones ambientales, económicas, sociales e institucionales de la economía circular del agua. Se prestará atención a los efectos tanto beneficiosos como no deseados de la reutilización de aguas residuales, las relaciones entre economía circular del agua y gestión inteligente de la calidad del agua y el papel de la reutilización de los drenajes agrarios y su potencialidad para mitigar la contaminación difusa, a través del caso de estudio del Mar Menor.
- Celebración de un taller para la validación participativa de los resultados relativos a las ventajas e inconvenientes de la reutilización de drenajes agrarios para su uso de nuevo en regadío y sus implicaciones en relación con la contaminación difusa en el Mar Menor y el Mediterráneo. Dicho taller se celebró de forma online a través de la plataforma Zoom el 14 de septiembre de 2021.
- Elaboración de un conjunto de propuestas que permitan avanzar hacia una economía circular del agua avanzada, potenciando sus efectos beneficiosos y minimizando sus efectos no deseados, con el fin de que la reutilización del agua contribuya de forma real al uso sostenible de este recurso natural escaso, vital para la vida y crecientemente amenazado, a la vez que dicha economía circular avanzada del agua contribuye a una mayor y mejor adaptación de la gestión del agua frente al cambio climático.
- Presentación de los principales resultados relativos al Mar Menor y los efectos potenciales de la reutilización de drenajes agrarios en el XV Congreso Nacional de la Asociación Española de Ecología Terrestre, celebrado de forma presencial del 18 al 21 de septiembre en Plasencia, Cáceres.

3. Resultados

3.1. Marco conceptual

3.1.1. Consideraciones generales

Cabe preguntarse dónde situamos la reutilización de aguas residuales o, de forma más amplia, la economía circular del agua. ¿Estamos hablando de un componente de las políticas de oferta o de las estrategias de gestión de la demanda? La reutilización de aguas residuales suele considerarse como parte de los denominados recursos no convencionales, en los que se incluye también la desalación marina. En los planes hidrológicos de las demarcaciones la reutilización de aguas residuales figura como parte de la contabilidad de los recursos hídricos disponibles, siendo por tanto parte de las estrategias de oferta.

Por el contrario, distintos autores consideran la reutilización como parte fundamental de los planes integrales de gestión de la demanda de agua (Estevan, 2000). En realidad, la reutilización de aguas residuales puede manifestar ambas naturalezas, dependiendo de si se concibe como una serie de actuaciones aisladas de incremento de recursos o si se inscribe en una planificación integral basada en la gestión de la demanda y donde en la misma se incluya una economía circular del agua avanzada. Esta cuestión tiene importantes implicaciones en relación con la sostenibilidad, dado que las estrategias de oferta suelen inducir crecimientos adicionales de la demanda que, en lugar de reducir los déficits, aumentan los requerimientos hídricos y la presión sobre los ecosistemas (Martínez Fernández y Esteve Selma, 2004, 2008).

La consideración del agua reutilizada como un nuevo recurso hídrico se refiere a la reutilización **directa** (sin previa devolución de los retornos a ríos y cauces) de las aguas residuales depuradas, normalmente para uso en regadío. Esta visión ignora que dichos recursos ya se estaban reutilizando, si bien de forma **indirecta**, a través del retorno de las aguas residuales urbanas (depuradas o no) a los caudales circulantes, siendo objeto de usos posteriores aguas abajo. Los retornos urbanos forman parte por tanto de los recursos ya contabilizados para atender otros usos (como los agrarios) y funciones (como las ambientales). Cuando las aguas depuradas no retornan al río sino que se reutilizan de forma directa, se detraen de los caudales circulantes y por tanto de los recursos existentes para atender otros usos aguas abajo. Si tales aguas depuradas son asignadas a nuevos usos sin alterar los usos y concesiones previas, se está incurriendo en una doble contabilidad y a una sobreasignación de recursos, a un balance hídrico falseado y en muchos casos a la creación o al aumento del déficit hídrico. Consideraciones similares cabe hacer respecto a los retornos de riego que alimentan acuíferos por percolación vertical.

En definitiva, la consideración de las aguas reutilizadas como un nuevo recurso (como parte de los mal llamados recursos no convencionales) constituye un error conceptual, derivado de la no consideración de la reutilización indirecta. El resultado es un generalizado error de doble contabilidad, que sobrestima los recursos disponibles a escala de cuenca, con las graves consecuencias que todo ello implica de incremento de las presiones, efectos ambientales y mayor insostenibilidad.

Desde la óptica de una economía circular avanzada del agua, la reutilización de aguas regeneradas ha de formar parte de las estrategias de gestión de los recursos y las demandas, cuyo objetivo final ha de ser la minimización del agua captada desde los sistemas naturales.

3.1.2. Reutilización de aguas residuales: efectos ambientales de diverso signo

En el marco del paradigma de la economía circular, existe un amplio consenso acerca de la necesidad de impulsar la reutilización de las aguas residuales urbanas e industriales. Una economía circular del agua, con una plena reutilización de las aguas regeneradas, supone importantes beneficios, entre los que destacan los siguientes:

- i) Permite liberar recursos de calidad para los usos que lo necesitan (abastecimiento) y minimizar la demanda neta de agua, reduciendo la presión sobre los sistemas naturales, en particular ríos y acuíferos.
- ii) Reduce el vertido neto a los sistemas naturales fundamentalmente ríos y aguas costeras y por tanto la carga contaminante y sus efectos sobre los ecosistemas, principalmente ríos y ecosistemas costeros.
- iii) Pone a disposición recursos que en general requieren menos energía que otras fuentes como la desalación marina o las transferencias intercuenas.
- iv) Facilita el reciclado de nutrientes para uso agrícola, con los consiguientes beneficios económicos (menores necesidades de fertilizantes agrarios y a la vez menores necesidades de tratamientos terciarios en la gestión de las aguas residuales) y ambientales (reducción de la huella ecológica asociada a los fertilizantes agrarios).

En síntesis, la utilización sostenible de las aguas regeneradas, permite atender las necesidades con actuaciones con menores costes económicos, ambientales y sociales. Los recursos procedentes de las aguas regeneradas, bien planificados y gestionados, pueden complementar las medidas principales de gestión de la demanda, con el fin de aliviar la presión que los distintos usos ejercen sobre los ecosistemas hídricos y sobre el estado ecológico de ríos, acuíferos y ecosistemas costeros.

Sin embargo, en ausencia de una cuidadosa planificación la reutilización de aguas residuales puede dar lugar –y de hecho ha dado lugar- a efectos negativos en términos ambientales y de sostenibilidad general en el uso del agua:

- En primer lugar, la regeneración de aguas residuales, en tanto que medida de oferta, incrementa los recursos disponibles, lo cual puede inducir de forma indirecta el incremento de las demandas o, al menos, no favorece medidas de contención de las demandas, algo fundamental a la luz del cambio climático, especialmente en los países mediterráneos. Una reutilización generalizada de las aguas residuales desconectada de una planificación integral puede conducir a que los beneficios potenciales de la reutilización, en relación con la reducción del déficit hídrico o de la presión sobre los ecosistemas naturales, puedan verse neutralizados por un aumento general de las demandas hídricas. Este fenómeno, muy anti-intuitivo, por el cual el incremento de recursos hídricos conduce paradójicamente a un aumento del déficit debido a una inducción no prevista de las demandas, es común a otras medidas de oferta de recursos hídricos y presenta algunas similitudes con el conocido efecto rebote de los aumentos de eficiencia.
- En segundo lugar, la reutilización directa de las aguas regeneradas, sin que tales caudales se devuelvan al ciclo natural (ríos y cauces públicos), puede tener un efecto negativo sobre los caudales circulantes y sobre los servicios ecosistémicos de los mismos, especialmente en ciertos ámbitos de los países mediterráneos, donde el retorno a los ríos de las aguas depuradas puede constituir una proporción significativa de los caudales circulantes. Un claro ejemplo de este efecto negativo ha podido constatarse en la cuenca del Segura. Durante la década de los años ochenta y noventa una parte significativa de los caudales del río Segura en sus tramos medio y bajo procedían de vertidos mal depurados, lo que ocasionó un severo problema ambiental y de salud pública. Tras años de intensa presión ciudadana y crecientes exigencias legales, finalmente la depuración de aguas residuales avanzó sustancialmente en extensión y en calidad, pero, una vez que las aguas depuradas alcanzaron dicha calidad, se reutilizaron de forma directa en regadío, con lo que el río Segura y otros cauces perdieron tales caudales circulantes.

3.2. La reutilización del agua en España y Europa

3.1.1. Situación en España

Consideraciones generales

España se encuentra entre los países europeos que más han apoyado la reutilización de aguas residuales, contando desde 2007 con legislación específica. El RD 1620/2007 estableció los usos permitidos (agrícolas, recreativos, industriales y ambientales) y prohibidos (consumo humano, industria alimentaria, sanitarios, agua de baño, torres de

de refrigeración y condensadores evaporativos), los procedimientos administrativos y los parámetros de calidad, así como valores máximos permitidos para cada uso.

Según los planes hidrológicos actuales, en torno al 75% del agua reutilizada se destina a regadío, destacando en ello la Región de Murcia, donde es el destino casi exclusivo. Aunque en menores proporciones, las aguas regeneradas también se reutilizan en usos urbanos, industriales, recreativos (campos de golf) y ambientales, especialmente la recarga de acuíferos (destino del 63% de las aguas regeneradas en Cataluña).

En 2006 la reutilización de aguas residuales en España alcanzó los 368 Hm³ anuales, lo que representó un 10,8% de las aguas depuradas (Melgarejo, 2009), mientras que en los planes actuales la reutilización ha aumentado ligeramente hasta el 12% de las aguas depuradas, una proporción cuatro veces mayor que la media europea (Martínez-Fernández, 2019).

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia incluye dentro del componente 5 (preservación del espacio litoral y los recursos hídricos) la medida C5.11, referida a actuaciones de depuración, saneamiento, eficiencia, ahorro, reutilización y seguridad de infraestructuras (DSEAR) y la reducción de pérdidas en el uso del agua. En este caso se ha propuesto la condición de priorizar las actuaciones en pequeños municipios con criterios de cohesión territorial, así como asegurar la titularidad pública de los operadores, como requisito bien demostrado para la garantía del Derecho Humano al Agua (Heller, 2020; Arrojo, 2021).

La reutilización del agua en el Plan de Depuración, Saneamiento, Eficiencia, Ahorro y Reutilización (DSEAR)

En Junio de 2021 se publicó la resolución por la que se formula la declaración ambiental estratégica del Plan Nacional de depuración, saneamiento, eficiencia, ahorro y reutilización (DSEAR). Dicha declaración ambiental establece, con carácter vinculante, las prescripciones de carácter ambiental que ha de recoger el Plan DSEAR. Tales prescripciones incorporan algunas de las observaciones y sugerencias aportadas por diferentes entidades durante el periodo de exposición pública de dicho Plan. En relación con la reutilización del agua, la DIA recoge algunas de las preocupaciones señaladas por diferentes entidades y establece algunos criterios para minimizar los riesgos ambientales que podrían asociarse a la reutilización del agua.

A continuación se señalan los elementos principales que recoge la declaración ambiental estratégica del Plan DSEAR, las aportaciones más relevantes de diferentes entidades a dicho Plan, recogidas igualmente en la declaración ambiental estratégica, así como la forma en que tales elementos aparecen recogidos en la versión definitiva del Plan DSEAR, aprobado por la Orden TED/801/2021, de 14 de julio, por la que se aprueba el Plan Nacional de depuración, saneamiento, eficiencia, ahorro y reutilización, publicado en el BOE de 27 de julio de 2021.

Uno de los riesgos más importantes que se vienen señalando en relación con la reutilización de las aguas residuales es que ello forme parte de las estrategias de oferta, que es lo que hasta ahora viene ocurriendo, con su consideración como “recursos no convencionales” (Martínez Fernández, 2019), en lugar de integrarse dentro de una estrategia de gestión de la demanda. En este sentido la declaración ambiental estratégica del plan DSEAR señala que *“El Plan debe **evitar** que la reutilización y el concepto de «agua de riego» entendida como subproducto de las depuradoras se orienten con una doble finalidad de **augmentar la oferta del recurso** y de disminuir el nivel de exigencia en el tratamiento de depuración en relación con que se requeriría para su vertido al dominio público hidráulico”* [la negrita es nuestra]. Se trata de una cuestión muy relevante y celebramos que así lo haya recogido la evaluación ambiental estratégica del Plan DSEAR, sin embargo hay que señalar que estas consideraciones no aparecen en la Orden TED/801/2021 por la que se aprueba el Plan DSEAR (BOE e 27 de julio de 2021), la cual incluye justamente un apartado de *“Resultado de la integración en la propuesta final del Plan DSEAR de los aspectos ambientales y del estudio ambiental estratégico”*.

En esta línea, la Oficina Española de Cambio Climático (OECC) señala en sus observaciones al Plan DSEAR que se debería *“limitar la reutilización a los casos en que sustituya extracciones de masas de agua sobreexplotadas, a la vez que advierte del riesgo de otro tipo de proyectos de reutilización cuyo único objetivo sea aumentar la oferta de recurso para satisfacer nuevas demandas, aumentando la presión por extracciones y la vulnerabilidad frente al cambio climático”*. Igualmente advierte de *“Las medidas de reutilización para satisfacción de las demandas que supongan incremento neto en la presión por extracciones o algún otro tipo de deterioro en la calidad del medio receptor”*.

Los riesgos de intensificación de los cultivos con la obtención de nuevos recursos reutilizados y sus posibles efectos en el aumento de la contaminación difusa agraria han sido señalados por distintas entidades en sus observaciones al Plan DSEAR, como es el caso de la Confederación Hidrográfica del Duero, la cual señala que la reutilización para riego de aguas que presentan ya ciertos contenidos en nutrientes puede incrementar la contaminación difusa procedente de los cultivos.

De forma explícita, diversas entidades como OECC, WWF FNCA y AEOPAS (Asociación Española de Operadores Públicos de Abastecimiento y Saneamiento), señalan que *“Las actuaciones de reutilización que el plan priorice únicamente deberían estar vinculadas a sustituir extracciones de sistemas sobreexplotados y no a aumentar la oferta del recurso, destacando el papel que los vertidos convenientemente depurados pueden desempeñar para mejorar el estado de muchas masas de agua”*. También inciden en la *“inadecuación de la consideración de los vertidos depurados como un «residuo» al que aplicar los principios de la economía circular para justificar que debe ser reutilizado”*., así como en la *“necesidad de no aumentar la oferta de agua para mejorar la resiliencia de los ecosistemas y usos actuales frente a la generalizada reducción del recurso que impone el cambio climático”*. Es de lamentar en este sentido que estas importantes

consideraciones sobre priorizar únicamente la reutilización destinada a sustituir extracciones en sistemas sobreexplotados no hayan sido recogidas en la orden que aprueba el Plan DSEAR, la cual se limita a indicar la *“Consideración dentro del marco de la propuesta sobre el estudio del potencial de reutilización, de aspectos como: la identificación de amenazas y oportunidades que ofrece la reutilización desde la perspectiva de la lucha frente al cambio climático (mitigación y adaptación), o la posibilidad de implantar tarifas con el fin de aplicar principios de recuperación de costes, organización de usuarios, estructura de gestión de los usuarios, etc.”*. La OECC destaca que la reutilización directa no debería llevarse a cabo *“Cuando la reutilización únicamente supone un aumento de la oferta de recurso para satisfacer nuevas demandas, aumentando la presión por extracciones y la vulnerabilidad frente al cambio climático”*.

En relación con los efectos de la reutilización (hay que recordar que el Plan DSEAR se refiere en todo momento a la reutilización directa, es decir, sin retorno previo a cauces) sobre los caudales circulantes, la OECC señaló que dicha reutilización está contraindicada *“Cuando la masa de agua o zona protegida receptora del vertido o las demás hidrológicamente conectadas están sometidas a presión significativa por extracciones o regulación, que el vertido depurado contribuye o puede contribuir a mitigar”*. La OECC menciona distintos casos que muestran cómo los vertidos depurados contribuyen a mejorar el régimen de caudales de tramos fluviales de desembocadura o las aportaciones a humedales costeros afectados por presión por extracciones, así como los casos de vertidos depurados que son una fuente importante de alimentación hídrica para espacios protegidos o humedales cuya alimentación original a partir de aguas superficiales o subterráneas se encuentra actualmente comprometida o ha desaparecido por sobreexplotación del recurso. En este sentido la OECC sugiere que la reutilización no debe plantearse como una solución ante la existencia de vertidos insuficientemente depurados y que en estos casos la alternativa correcta es mejorar los niveles de depuración y devolver tales caudales, correctamente depurados, a los cauces.

En esta línea, Ecologistas en Acción propone que la reutilización directa se permita exclusivamente en zonas costeras donde el agua regenerada no puede retornar previamente a un cauce natural. En estos casos la reutilización directa no sólo es una opción adecuada sino que además tiene otros efectos ambientales positivos añadidos, como es evitar la contaminación de las aguas costeras y marinas debido a los vertidos a través de emisarios submarinos.

Finalmente la evaluación ambiental estratégica recoge otras consideraciones de interés, como *“la necesidad de concretar de manera explícita y transparente cómo se aplica el principio de recuperación de costes”* en las distintas actuaciones del plan DSEAR, incluidas las relativas a la reutilización del agua, una observación señalada por la FNCA (Fundación Nueva Cultura del Agua) por WWF (World Wildlife Fund) y que también se sitúa en la línea de otras consideraciones sobre recuperación de costes aportadas por la Confederación Hidrográfica del Duero.

En definitiva, no parece que la versión definitiva del Plan DSEAR haya recogido suficientemente las dudas y riesgos señalados por distintas entidades en relación con los posibles efectos ambientales y sobre la sostenibilidad general del agua que pueden tener los proyectos de reutilización directa del agua, ni que haya condicionado la promoción de dicha reutilización directa a los casos en los que tales riesgos están minimizados, como es el caso de la reutilización en zonas costeras. De hecho no parece que, ni siquiera, vaya a exigirse o priorizarse que la reutilización directa vaya acoplada a la sustitución de un volumen equivalente de captaciones naturales, con la modificación de la concesión correspondiente. Por tanto, es muy probable que buena parte de las actuaciones de reutilización de agua residuales supongan un incremento de las demandas, un aumento de la presión general sobre los ecosistemas naturales (ríos, acuíferos y la reducción de los caudales circulantes, lo que implica que la reutilización no sólo contribuirá a mejorar su estado sino que, en algunos casos, puede empeorarlo.

La reutilización del agua en la Estrategia Española de Economía Circular

La Estrategia Española de Economía Circular (EEEC), aprobada en junio de 2020, establece como objetivo mejorar un 10% la eficiencia en el uso del agua. El Plan de Acción de Economía Circular (PAEC 2021-2023), en desarrollo de la Estrategia y en coherencia con el Plan de Depuración, Saneamiento, Eficiencia y Reutilización (PDSEAR), dedica una de sus ocho líneas de actuación a la depuración y reutilización del agua, cuyo objetivo según el Plan es promover un uso eficiente del agua que permita proteger la calidad y cantidad de las masas de agua con un aprovechamiento sostenible e innovador. A continuación se analizan los principales objetivos y ejes de la Estrategia y del Plan de Acción de Economía Circular, en la cual la reutilización del agua ocupa un papel clave.

El PAEC 2022-2023 establece objetivos de eficiencia (ahorros unitarios de agua), pero no de eficacia, es decir, de mejora efectiva del estado ambiental de ríos y acuíferos, lo que requiere que la reutilización redunde en una reducción de las captaciones. La economía circular del agua ha de ser un mecanismo para, entre otros objetivos, minimizar el consumo de agua en todos los procesos económicos (agrarios, industriales o de otro tipo), así como en los usos urbanos. En coherencia con este reto, en la gestión general del agua pero también en la economía circular del agua y dentro de ella en la reutilización de aguas residuales, es fundamental aplicar no sólo criterios de **eficiencia** (ahorros unitarios de agua) sino también criterios de **eficacia** (reducción de la captación bruta total de agua de los sistemas naturales, como ríos y acuíferos), con el fin de asegurar que dicha reutilización efectivamente contribuye a mantener y mejorar el buen estado de las masas de agua y de nuestros ecosistemas hídricos.

En este sentido, hay que señalar que el PAEC 2021-2023 establece como eje clave el fomento de la reutilización del agua con carácter general, a pesar de que la reutilización del agua no es siempre la opción más sostenible. En ausencia de una cuidadosa planificación, la reutilización de aguas residuales puede dar lugar – y de hecho ha dado

lugar - a efectos negativos en términos ambientales y de sostenibilidad, es decir, no constituye una medida eficaz para la mejora ambiental. En primer lugar, la regeneración de aguas residuales, en tanto que medida de oferta, incrementa los recursos disponibles, lo cual induce el incremento de las demandas o, al menos, no favorece medidas de contención de las demandas, algo fundamental a la luz del cambio climático. Una reutilización generalizada de las aguas residuales desconectada de una planificación integral puede conducir a que los beneficios potenciales de la reutilización, en relación con la reducción del déficit hídrico o de la presión sobre los ecosistemas naturales, puedan verse neutralizados por un aumento general de las demandas hídricas. Este fenómeno es común a otras medidas de oferta de recursos hídricos. En segundo lugar, la reutilización directa de las aguas regeneradas, sin que tales caudales se devuelvan al ciclo natural (ríos y cauces públicos), puede tener un efecto negativo sobre los caudales circulantes y sobre los usos ecosistémicos de los mismos, especialmente en ámbitos mediterráneos, donde el retorno a los ríos de las aguas depuradas puede constituir una proporción significativa de los caudales circulantes.

Por otra parte, el apartado 5.1.3. del PAEC 2022-2023 propone avanzar en la integración en los sistemas de explotación de las cuencas hidrográficas de los volúmenes de reutilización junto con el resto de los orígenes de agua. En primer lugar hemos de recordar que la reutilización indirecta de las aguas de retorno ya está integrada en los sistemas de explotación. Por tanto, integrar los volúmenes de reutilización directa del agua en los sistemas de explotación evitando errores de doble contabilidad implica tener claro que no son nuevos recursos, sino volúmenes que antes retornaban al río y ahora ya no lo hacen, por lo que se han de reducir las captaciones desde los ríos y otros sistemas naturales en un volumen equivalente.

Finalmente, el Plan propone la modificación del marco normativo para promover la reutilización de agua en todo el territorio y para todos los usos. Consideramos que no se debería promover una reutilización directa generalizada en todo el territorio, por las razones ya reiteradas en las observaciones anteriores. En todo caso las modificaciones del marco normativo no sólo deberían incluir iniciativas que faciliten la reutilización, en los casos y situaciones en los que sea deseable, sino también - y fundamentalmente - incorporar en la normativa los objetivos ambientales y de sostenibilidad y los criterios y condicionantes que garanticen que la reutilización directa no va a ocasionar efectos negativos, como afecciones a los ecosistemas, inducción de nuevas demandas y daños a terceros.

En concreto, en la normativa se debería promocionar la reutilización directa de forma plena en áreas costeras (donde además se evitará la problemática ambiental de los emisarios submarinos y los procesos contaminantes asociados), pero condicionar los proyectos de reutilización directa en otras áreas, que deberían restringirse a los casos en los que la reutilización indirecta (la que se realiza previo retorno a cauces públicos) sea inviable por alguna razón. En estos casos la normativa debería obligar a que los

volúmenes que vayan a ser reutilizados de forma directa vayan asociados a una reducción equivalente en los volúmenes captados desde los sistemas naturales.

3.2.2. Regulación europea de la reutilización del agua

A nivel mundial, la reutilización de aguas regeneradas está muy extendida en varios países, destacando Israel, que recicla en torno al 75 % de sus aguas residuales y Australia, que eleva la cifra al 82%. En Europa la situación general se halla muy lejos de estos valores, dado que la reutilización de aguas residuales representa aproximadamente el 2,4% de las aguas depuradas.

Uno de los motivos por los que la depuración de aguas residuales no está más extendida en los países europeos es la falta de confianza en que tales aguas tenga la calidad adecuada para su utilización en los diferentes usos y en particular en la agricultura. Con el fin de garantizar unos niveles mínimos de calidad estandarizados para la reutilización de aguas residuales en la agricultura en todos los países europeos, la Unión Europea aprobó el “Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de mayo de 2020. relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua”. Se trata de la primera vez que la Unión Europea regula la reutilización del agua. Dicha regulación ha culminado tras un amplio proceso de diálogo entre la Comisión Europea, el Parlamento Europeo, el Consejo Europeo y la celebración de distintos procesos y eventos de consulta y participación.

En relación con la posición de distintas entidades en torno a la regulación de la reutilización de aguas residuales, cabe señalar que APE (Aqua Publica Europea), que engloba a un amplio número de operadores públicos de agua de Europa, manifestó que esta regulación es necesaria para garantizar un marco claro que beneficie a todos los actores involucrados, estableciendo estándares de calidad comunes para el agua regenerada. Sin embargo, APE enfatizó que el texto de la futura regulación reconocía insuficientemente la importancia de la coordinación entre todos los actores.

Por su parte, EWM (European Water Movement), señaló que cada proyecto debe ser objeto de un estudio que evalúe seriamente su impacto en la salud, el medio ambiente y los aspectos económicos. Igualmente sugirió que una de las tareas de la Comisión Europea debería consistir en formalizar este estudio en la medida de lo posible, con el fin de ayudar a los Estados miembros a ejecutar únicamente proyectos que sean viables para estos tres aspectos. EWM criticó que el borrador de regulación se centrara en requisitos mínimos de calidad relativos a los riesgos microbiológicos para la salud (bacterias, virus, parásitos) a expensas de los riesgos químicos para la salud (metales pesados, plaguicidas, residuos de medicamentos, micropolutivos emergentes) y solicitó que la reutilización del agua se vincule a la reducción de captaciones desde los sistemas naturales.

El texto finalmente aprobado de la regulación europea de aguas residuales recoge entre sus objetivos principales el de promover alternativas al uso en agricultura de recursos captados de los ecosistemas, a la vez que se garantiza un elevado nivel de calidad y seguridad para agricultores, consumidores y el medio ambiente europeo. Se pretende que dicha regulación fomente, pero no obligue, a la reutilización de aguas residuales e incluya una serie de estándares mínimos de calidad, la necesaria elaboración de planes de gestión de riesgos de la calidad del agua reutilizada y la obligación de obtener autorizaciones específicas por parte de las autoridades competentes en cada estado miembro.

La regulación europea se centra en un aspecto muy concreto de la reutilización de aguas residuales: los requisitos mínimos de calidad exigibles con carácter previo a la reutilización. No entra por tanto en otros aspectos igualmente relevantes, como es el efecto de la reutilización de las aguas en el estado ecológico de los ríos, al reducirse los caudales circulantes (efecto de menor importancia en ríos caudalosos pero absolutamente clave en ríos con caudales escasos) y, en un sentido más amplio, del efecto contraproducente de las aguas residuales cuando en lugar de formar parte de la gestión de la demanda forma parte de las estrategias de oferta, como “nuevo recurso”, lo que suele aumentar las presiones y por tanto la insostenibilidad de los sistemas.

En relación con los niveles de calidad, tanto la legislación estatal como la regulación europea establecen una serie de categorías de calidad. Cada uso al que se puede destinar el agua reutilizada aparece recogido en una determinada categoría de calidad. A su vez las categorías de calidad vienen definidas por distintos requisitos de obligado cumplimiento en cuanto a parámetros y valores límite. La tabla 1 compara las categorías de calidad establecidas por la legislación nacional (Real Decreto 1620/2007, de 7 de diciembre, “por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas”, BOE n.º 294, de 8 de diciembre de 2007) con los establecidos por la regulación europea.

En resumen, los resultados del proyecto han permitido cumplir con los objetivos específicos indicados en el apartado anterior correspondiente, relativos a explorar los avances en economía circular del agua, analizar los efectos potenciales positivos y negativos de la reutilización del agua, elaborar propuestas para una economía circular del agua avanzada y analizar la potencialidad de la economía circular del agua en ámbitos distintos al de las aguas residuales

Tabla 1. Comparación de las categorías de calidad establecidas para los usos de aguas regeneradas en la legislación nacional (Real Decreto 1620/2007) y la directiva europea (Reglamento (UE) 2020/741)

1. USOS URBANOS		
Uso principal o general asociado a la categoría de calidad	Legislación Española (RD 2007)	Regulación Europea
Residencial	<p><u>Calidad 1.1</u></p> <p>a) Riego de jardines privados</p> <p>b) Descarga de aparatos sanitarios</p>	
Servicios	<p><u>Calidad 1.2</u></p> <p>a) Riego de zonas verdes urbanas (parques, campos deportivos y similares)</p> <p>b) Baldeo de calles</p> <p>c) Sistemas contra incendios</p> <p>d) Lavado industrial de vehículos</p>	
2. USOS AGRICOLAS		
	Legislación Española (RD 2007)	Regulación Europea
Alimentación humana en contacto con aguas regeneradas	<p><u>Calidad 2.1</u></p> <p>a) Riego de cultivos con sistema de aplicación del agua que permita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles para alimentación humana en fresco</p>	<p>Calidad A</p> <p>a) Todos los cultivos de alimentos que se consumen crudos en los que la parte comestible está en contacto directo con las aguas regeneradas y los tubérculos que se consumen crudos</p>
Alimentación humana sin contacto con aguas regeneradas y alimentación para ganado	<p><u>Calidad 2.2</u></p> <p>a) Riego de productos para consumo humano con sistema de aplicación de agua que no evita el contacto directo del agua regenerada con las partes comestibles, pero el consumo no es en fresco sino con un tratamiento industrial posterior</p> <p>b) Riego de pastos para consumo de animales productores de leche o carne</p> <p>c) Acuicultura</p> <p><u>Calidad 2.3</u></p> <p>a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana</p> <p>b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones</p> <p>c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas</p>	<p>Calidad B-C</p> <p>a) Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche</p> <p><u>Nota:</u> la diferencia entre calidad B y calidad C es el método de riego: B es para todos los métodos de riego mientras que C es solo para riego por goteo</p>

Riego de leñosas y ornamentales	<p><u>Calidad 2.3</u></p> <p>a) Riego localizado de cultivos leñosos que impida el contacto del agua regenerada con los frutos consumidos en la alimentación humana</p> <p>b) Riego de cultivos de flores ornamentales, viveros, invernaderos sin contacto directo del agua regenerada con las producciones</p> <p>c) Riego de cultivos industriales no alimentarios, viveros, forrajes ensilados, cereales y semillas oleaginosas</p>	<p><u>Calidad B-C</u></p> <p>a) Los cultivos de alimentos que se consumen crudos cuando la parte comestible se produce por encima del nivel del suelo y no está en contacto directo con las aguas regeneradas, los cultivos de alimentos transformados y los cultivos no alimenticios, incluidos los cultivos utilizados para alimentar a animales productores de carne o leche. La diferencia entre calidad B y calidad C es el método de riego: B es para todos los métodos de riego mientras que C es solo para riego por goteo</p> <p><u>Calidad D</u></p> <p>a) Cultivos destinados a la industria y a la producción de energía y de semillas</p>
3. USOS INDUSTRIALES		
Industria no alimentaria	<p>Legislación Española (RD 2007)</p> <p><u>Calidad 3.1</u></p> <p>a) Aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria.</p> <p>b) Otros usos industriales.</p>	Regulación Europea
Industria alimentaria	<p><u>Calidad 3.2</u></p> <p>a) Aguas de proceso y limpieza para uso en la industria alimentaria</p>	
Otros	<p><u>Calidad 3.3</u></p> <p>a) Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.</p>	
4. USOS RECREATIVOS		
	<p>Legislación Española (RD 2007)</p>	Regulación Europea
Campos de golf	<p><u>Calidad 4.1</u></p> <p>a) Riego de campos de golf</p>	
Otros	<p><u>Calidad 4.2</u></p> <p>a) Estanques, masas de agua y caudales circulantes ornamentales, en los que está impedido el acceso del público al agua.</p>	

5. USOS AMBIENTALES		
	Legislación Española (RD 2007)	Regulación Europea
Recarga por percolación de acuíferos	Calidad 5.1 a) Recarga de acuíferos por percolación localizada a través del terreno.	
Recarga directa de acuíferos	Calidad 5.2 a) Recarga de acuíferos por inyección directa	
Riego y silvicultura	Calidad 5.3 a) Riego de bosques, zonas verdes y de otro tipo no accesibles al público. b) Silvicultura.	
Otros	Calidad 5.4 a) Otros usos ambientales (mantenimiento de humedales, caudales mínimos y similares).	

Como muestra la tabla 1, la normativa estatal establece categorías de calidad para cinco grandes usos generales: urbanos, agrícolas, industriales, recreativos y ambientales, mientras que la regulación europea establece categorías de calidad exclusivamente para usos agrícolas. Además, la normativa estatal establece categorías de forma más pormenorizada que en el caso de la regulación europea.

En el caso de la reutilización para riego, la normativa española distingue tres categorías de calidad, que básicamente se corresponden en primer lugar con el cultivo de productos para alimentación humana que están en contacto con las aguas regeneradas, en segundo lugar los destinados a alimentación humana que no están en contacto con agua regeneradas, así como los destinados a alimentación ganadera y, en tercer lugar, los destinados a cultivos leñosos y ornamentales. En el caso de la normativa europea, se distingue entre una calidad A que viene a corresponderse con productos para alimentación humana en contacto con las agua regeneradas, una calidad B-C, que engloba tanto a los productos para consumo humano que no están en contacto con las aguas regeneradas, como los cultivos leñosos y alimentación para el ganado. La diferencia entre las categorías B y C se refieren a la forma de riego (factor ausente en la normativa estatal), de forma que la calidad B aplica a todos los métodos de riego y la calidad C sólo al riego por goteo. Finalmente la calidad D se refiere a los cultivos industriales.

La tabla 2 compara los requisitos concretos de calidad, es decir, los parámetros y sus valores límite, que se han de cumplir para cada una de las categorías de calidad presentadas en la tabla 1.

Tabla 2. Comparación entre los parámetros y valores límite establecidos para cada uno de los criterios de calidad contemplados en la normativa estatal (Real Decreto 1620/2007) y en la directiva europea (Reglamento (UE) 2020/741) sobre reutilización de aguas regeneradas. Nota: para la calidad 5.4 los parámetros y valores límite se estudiarán caso por caso.

1. USOS URBANOS		
Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación Europea
Nematodos intestinales	1 huevo/10L / Calidad 1.1 y 1.2	
<i>Escherichia Coli</i>	UFC: 0 (UFC/100mL) / Calidad 1.1 UFC: 200 (UFC/100mL) / Calidad 1.2 /	
Sólidos en suspensión	10 mg/L / Calidad 1.1 20 mg/L / Calidad 1.2	
Turbidez	2 UNT / Calidad 1.1 10 UNT /Calidad 1.2	
2. USOS AGRÍCOLAS		
Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación Europea
Nematodos intestinales	1 huevo/10L / Calidad 2.1, 2.2 y 2.3	1 huevo/10L / Calidad A, B-C y D
<i>Escherichia Coli</i>	UFC: 100 (UFC/100mL) / Calidad 2.1 UFC: 1.000 (UFC/100mL) / Calidad 2.2 UFC: 10.000 (UFC/100mL) / Calidad 2.3	UFC = 10 (UFC/100mL) /Calidad A UFC = 100-1000 (UFC/100mL) /Calidad B-C UFC: 10.000 (UFC/100mL) / Calidad D
Sólidos en suspensión	20 mg/L / Calidad 2.1 35 mg/L / Calidad 2.2 y 2.3	=10 mg/L / Calidad A 35 mg/L / Calidad B-C y D
Turbidez	10 UNT / Calidad 2.1 No se fija límite / Calidad 2.2 y 2.3	=5 UNT / Calidad A No se fija límite / Calidad B-C y D
DBO ₅	No se fija límite / Calidad 2.1, 2.2 y 2.3	=10 mg/L / Calidad A 25 mg/L / Calidad B-C y D
3. USOS INDUSTRIALES		
Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación Europea
Nematodos intestinales	No se fija límite / Calidad 3.1 1 huevo/10 L / Calidad 3.2 y 3.3	
<i>Escherichia Coli</i>	UFC: Ausencia (UFC/100mL) / Calidad 3.3 UFC: 1.000 (UFC/100mL) /Calidad 3.2 UFC: 10.000 (UFC/100mL) / Calidad 3.1	
Sólidos en suspensión	5 mg/L / Calidad 3.1 y 3.2 35 mg/L / Calidad 3.3	
Turbidez	No se fija límite / Calidad 3.2 1 UNT/ Calidad 3.3 15 UNT / Calidad 3.1	

4. USOS RECREATIVOS		
Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación europea
Nematodos intestinales	No se fija límite / Calidad 4.2 1 huevo/10L / Calidad 4.1	
<i>Escherichia Coli</i>	UFC: 200 (UFC/100mL) / Calidad 4.1 UFC: 10.000 (UFC/100mL) / Calidad 4.2	
Sólidos en suspensión	20 mg/L / Calidad 4.1 35 mg/L / Calidad 4.2	
Turbidez	No se fija límite / Calidad 4.2 10 UNT / Calidad 4.1	
5. USOS AMBIENTALES		
Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación Europea
Nematodos intestinales	No se fija límite / Calidad 5.1 y 5.3 1 huevo/10 L / Calidad 5.2	
<i>Escherichia Coli</i>	No se fija límite / Calidad 5.3 UFC: 0 (UFC/100mL) / Calidad 5.2 UFC: 1.000 (UFC/100mL) / Calidad 5.1	
Sólidos en suspensión	10 mg/L / Calidad 5.2 35 mg/L / Calidad 5.1 y 5.3	
Turbidez	No se fija límite / Calidad 5.1 y 5.3 2 UNT / Calidad 5.2	

Tan sólo es posible comparar los criterios de calidad entre la normativa estatal y la regulación europea para los usos agrícolas. Como muestra la tabla 2, para algunos usos agrícolas y parámetros los requisitos mínimos de calidad establecidos por la normativa estatal y la legislación europea coinciden. Sin embargo hay parámetros para los que la regulación europea establece valores límite más exigentes en determinados usos agrícolas. Así, cabe destacar que la legislación europea es más exigente en cuanto al contenido de *Escherichia Coli* para todos los cultivos a excepción de los cultivos industriales, que es también más exigente en los parámetros “sólidos en suspensión” y “turbidez” para el cultivo de productos de consumo humano en contacto con las aguas regeneradas y, finalmente, que la regulación europea establece además requisitos mínimos de DBO5 para los distintos cultivos, mientras que la normativa estatal no incluye este parámetro dentro de sus requisitos de calidad para los usos agrícolas.

Finalmente, la tabla 3 recoge las frecuencias de muestreo para el control de los parámetros de calidad en la normativa estatal y en la regulación europea.

Tabla 3. Frecuencias mínimas de control rutinario de aguas regeneradas en la legislación nacional (Real Decreto 1620/2007) y en la regulación europea (Reglamento UE 2020/741). Nota: Para la calidad 5.4, se estudiará la frecuencia igual al uso más similar.

5. USOS AMBIENTALES		
Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación Europea
Nematodos intestinales	No se fija límite / Calidad 5.1 y 5.3 1 huevo/10 L / Calidad 5.2	
<i>Escherichia Coli</i>	No se fija límite / Calidad 5.3 UFC: 0 (UFC/100mL) / Calidad 5.2 UFC: 1.000 (UFC/100mL) / Calidad 5.1	
Sólidos en suspensión	10 mg/L / Calidad 5.2 35 mg/L / Calidad 5.1 y 5.3	
Turbidez	No se fija límite / Calidad 5.1 y 5.3 2 UNT/ Calidad 5.2	
2. USOS AGRÍCOLAS		
Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación Europea
Nematodos intestinales (cuando sea de aplicación)	Quincenal para Calidad 2.1 2.2 y 2.3	Dos veces al mes para Calidad A, B, C y D
<i>Escherichia Coli</i>	Semanal para Calidad 2.1, 2.2 y 2.3	Una vez a la semana para Calidad A y B Dos veces al mes para Calidad C y D
Sólidos en suspensión	Semanal para Calidad 2.1, 2.2 y 2.3	Una vez por semana para Calidad A Una vez al mes para Calidad B, C y D
Turbidez	No es necesario para Calidad 2.2 y 2.3 Semanal para Calidad 2.1	No es necesario para Calidad B, C y D Continuo para Calidad A
DBO ₅		Una vez por semana Calidad A Una vez al mes Calidad B, C y D
<i>Legionella spp</i>		Dos veces al mes Calidad A, B, C y D, cuando sea de aplicación

3. USOS INDUSTRIALES

Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación Europea
Nematodos intestinales	No es necesario para Calidad 3.1 y 3.2 Semanal para Calidad 3.3	
<i>Escherichia Coli</i>	Semanal para Calidad 3.1 y 3.2 Tres veces por semana para Calidad 3.3	
Sólidos en suspensión	Diaria para Calidad 3.3 Semanal para Calidad 3.1 y 3.2	
Turbidez	Diaria para Calidad 3.3 Semanal para Calidad 3.1 y 3.2	
<i>Legionella spp</i>	Tres veces por semana para Calidad 3.2	

4. USOS RECREATIVOS

Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación Europea
Nematodos intestinales	No es necesario para Calidad 4.2 Quincenal para Calidad 4.1	
<i>Escherichia Coli</i>	Semanal para Calidad 4.2 Dos veces por semana para Calidad 4.1	
Sólidos en suspensión	Semanal para Calidad 4.1 y 4.2	
Turbidez	No es necesario para Calidad 4.2 Dos veces por semana para Calidad 4.1	
Nitrógeno Total Fósforo Total	No es necesario para Calidad 4.1 Mensual para Calidad 4.2	

5. USOS AMBIENTALES

Elemento regulado	Decreto Estatal 2007	Regulación Europea
Nematodos intestinales	No es necesario para Calidad 5.1 y 5.3 Semanal para Calidad 5.2	
<i>Escherichia Coli</i>	No es necesario para Calidad 5.3 Dos veces por semana para Calidad 5.1 Tres veces por semana para Calidad 5.2	
Sólidos en suspensión	Diaria para Calidad 5.2 Semanal para Calidad 5.1 y 5.3	
Turbidez	No es necesario para Calidad 5.1 y 5.3 Diaria para Calidad 5.2	
Nitrógeno Total Fósforo Total	No es necesario para Calidad 5.3 Semanal para Calidad 5.1 y 5.2	

3.3. Más allá de la reutilización de aguas residuales. El caso de la reutilización de aguas residuales en la cuenca del Mar Menor

En general cuando se habla de economía circular del agua y de reutilización, se piensa en la reutilización de aguas residuales para riego y, efectivamente, este tipo de actuaciones constituyen las iniciativas de reutilización de agua más frecuentes y generalizadas. Sin embargo se han planteado otro tipo de actuaciones, como la reutilización de drenajes de riego para su uso de nuevo en regadío.

Este tipo de proyectos presentan potencialidades y limitaciones, como ilustra el caso de la propuesta de reutilización de drenajes agrarios en la cuenca del Mar Menor, donde dicha actuación se concibe como una medida para reducir la contaminación difusa agraria que llega a la laguna del Mar Menor. A continuación se presenta un resumen de dicha propuesta, sus antecedentes, potencialidades y limitaciones.

3.3.1. Antecedentes de la reutilización de drenajes agrarios en el Campo de Cartagena

En síntesis, la propuesta de reutilización consiste en recoger los drenajes agrarios del regadío del Campo de Cartagena (cuenca del Mar Menor) e impulsarlos hasta una desalobradoradora tras lo cual el agua sería reutilizada de nuevo para riego, vertiéndola al canal de distribución de agua del trasvase de la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena, mientras que el rechazo, constituido por salmueras con elevados contenidos de nutrientes (nitrógeno y fósforo), serían vertidos al Mediterráneo a través de un emisario submarino.

Las obras se construyeron en la década de los años 90, dentro del denominado “Proyecto de desagües que completan la red de la zona regable del Campo de Cartagena”. Dichas obras consistían en varias redes de recogida del drenaje de los retornos agrícolas, evacuación de las aguas freáticas y recogida de posibles retornos de rechazo de plantas desalobradoradoras, conducciones unas a canal abierto y otras que discurren enterradas en parte por cauces públicos (ramblas del Albuñón y Miranda principalmente) y en otra parte por los propios canales de drenaje de la zona regable, en una longitud aproximada de 60 kilómetros lineales. Casi todos los ramales de esa red confluían en la desembocadura de la rambla del Albuñón. Igualmente se ejecutó una impulsión junto a la desembocadura de la rambla del Albuñón (margen izquierda) para conducir las aguas recogidas a la desalobradoradora del Mojón en San Pedro del Pinatar (también integrada en la citada actuación).

Las obras se concluyeron en 1997 y fueron entregadas a la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena, sin embargo dichas obras nunca entraron realmente en funcionamiento porque los regantes no estaban interesados en pagar los elevados costes de funcionamiento de la reutilización de drenajes agrarios, dado el elevado

consumo energético, especialmente en los bombeos y en el propio proceso de desalobración.

3.3.2. La nueva propuesta de reutilización de drenajes agrarios contenida en el Proyecto Vertido Cero para el Mar Menor

Con el fin de mejorar el estado de la laguna costera del Mar Menor, sometida a una profunda degradación desde la irrupción del estado eutrófico en 2016 debido al aporte masivo de nutrientes de origen agrario, la Dirección General del Agua del Ministerio para la Transición Ecológica y la Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia elaboraron el proyecto “Análisis de soluciones para el objetivo de vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena (Murcia)”. Dicho proyecto contemplaba un amplio número de actuaciones, incluyendo un nuevo conjunto de obras hidráulicas para reutilizar los drenajes agrarios del Campo de Cartagena, junto a ciertos volúmenes de agua subterráneos y superficiales. La diferencia con el proyecto llevado a cabo en los años 90 es que en esta ocasión las salmueras resultantes de la desalobración, con un alto contenido en nutrientes, no serían vertidas de forma directa sino que, previamente, había de implementarse un sistema de desnitrificación de tales salmueras, con el fin de reducir su carga contaminante antes de verterla al Mediterráneo.

La declaración de impacto ambiental del proyecto “Análisis de soluciones para el objetivo de vertido cero al Mar Menor proveniente del Campo de Cartagena (Murcia)” se publicó en la resolución del 4 de septiembre de 2019, de la Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental y publicada en el BOE de 26 de septiembre de 2019. En dicha declaración se constata el papel preeminente de un conjunto de obras hidráulicas que incluyen la reutilización de drenajes agrarios, junto a la captación de agua subterránea y los caudales de la rambla del Albuñón, su impulsión hasta el extremo norte de la laguna, la puesta en marcha de una planta desalobrador, la reutilización del agua de nuevo en el regadío del Campo de Cartagena, la desnitrificación de las salmueras de rechazo y, finalmente, su vertido al Mar Menor a través de un emisario submarino.

Pese a que dichas obras hidráulicas se presentan como una medida ambiental, cuyo objetivo es reducir parte de los flujos que ahora alcanzan la laguna del Mar Menor cargadas de nutrientes (nitrógeno y fósforo). Sin embargo dicho objetivo ambiental y, específicamente, su contribución a la reducción de la entrada de nutrientes a dicha laguna costera, es cuestionable, como se expone a continuación.

En primer lugar, se trata de una actuación poco robusta y cuya eficacia está sujeta a grandes incertidumbres, porque cualquier problema técnico o económico que afecte a alguno de los elementos del complejo proceso implicado, desde la captación al impulso y bombeo, la desalobración, desnitrificación o su vertido final al Mediterráneo, terminará

ocasionando el mal o nulo funcionamiento del sistema y su consecuencia será la contaminación del Mar Menor o la del Mediterráneo, según los casos. La experiencia dicta que los accidentes, roturas y problemas de funcionamiento que afecten a alguno o varios de los componentes implicados, no solamente pueden ocurrir, si no que ocurrirán, por lo que cabe esperar episodios de vertidos de nutrientes, más o menos frecuentes o importantes.

Por otra parte, como ya ocurrió con la infraestructura, pagada con fondos públicos, de captación, bombeo, desalobración y reutilización de drenajes ejecutada a mediados de los años 90 y cedida a los regantes para su gestión, el funcionamiento real de estas actuaciones puede terminar siendo deficiente o nulo, al depender de que al sector agrario le interesen o no esos recursos desalobrados, en función de las disponibilidades y precios de agua existentes. Hay que señalar que aunque el Proyecto Informativo no especifica los costes de funcionamiento, tales costes existen y en el caso de las actuaciones consistentes en estas obras hidráulicas serían muy elevados. Estos costes supondrían un coste de agua producto generada para riego en torno a unos 0,44 €/m³, sin contar costes de inversión ni distribución a parcela. En tales circunstancias, existen bajas garantías y serias dudas sobre el correcto y pleno funcionamiento del sistema, dadas las grandes posibilidades de que, como ya ocurrió con el proyecto de reutilización y desalobración de drenajes construido en la década de los 90, el sector agrario no esté interesado en tales recursos hídricos por disponer de otras fuentes de recursos más económicas.

En tercer lugar, aun suponiendo que el proceso de desnitrificación funcione de forma aceptable y se cumplan los valores límite establecidos, ello no impedirá que las salmueras sigan teniendo contenidos en nutrientes, por lo que el vertido continuado tendrá un efecto acumulativo que generará focos contaminantes, con riesgo de inducir procesos de eutrofización en el Mediterráneo, que pueden terminar degradando espacios costeros que mantienen un notable estado de conservación, por lo que los impactos serían muy significativos.

El elevado vertido anual de nitratos y sus efectos acumulativos podrían inducir procesos de eutrofización, especialmente teniendo en cuenta que se trataría de un flujo constante y de duración permanente.

En definitiva, parece fuera de toda duda que los vertidos al Mediterráneo a través de los dos emisarios submarinos previstos, incluso en las mejores condiciones de funcionamiento, degradarían los ecosistemas marinos y supondrían un impacto inasumible para el LIC ES6200029 “Franja litoral sumergida de la Región de Murcia”. Por otra parte, dichos procesos de degradación afectarían negativamente al tramo costero de la Región de Murcia, que en conjunto destaca por un elevado grado de conservación.

En resumen, el riesgo de incrementar la contaminación por nutrientes a raíz del bombeo, desalobración y desnitrificación “a final de tubería” se relaciona con tres mecanismos:

- en primer lugar, por el efecto de verter de forma continuada incluso concentraciones “admisibles” de nutrientes que en términos absolutos supondría verter al Mediterráneo una gran cantidad de toneladas anuales de nitratos.
- en segundo lugar, por la más que esperable existencia de fallos, roturas y otras incidencias en el sistema (en los bombeos, en las conducciones o en las infraestructuras de desalobración o de desnitrificación) que den lugar a vertidos directos cargados de nutrientes, ya sea al Mar Menor o al Mediterráneo.
- en tercer lugar por el riesgo de que el sistema no funcione por distintas razones como su alto coste de funcionamiento, que lo haga escasamente interesante para los regantes.

En conclusión, el proyecto de reutilización de drenajes para su uso de nuevo en el regadío del Campo de Cartagena, lejos de ser una medida ambiental para reducir la contaminación difusa agraria que ha desencadenado el proceso de eutrofización de la laguna costera del Mar Menor, constituye en realidad una medida de “final de tubería” rodeada de incertidumbres en cuanto a su funcionamiento real y, sobre todo que implica un claro riesgo de contaminación de zonas costeras del Mediterráneo, donde puede iniciar o agravar procesos de eutrofización incipiente. Por ello es fundamental no aplicar soluciones de “final de tubería”, sino implantar medidas en origen.

3.4. Reutilización y calidad del agua. Propuestas para una economía circular avanzada del agua

Para avanzar en una economía circular avanzada del agua en la que la reutilización forme parte de una gestión de la demanda, en la que se acople la gestión inteligente de la calidad del agua, se proponen los siguientes criterios y ejes de actuación:

- i) integrar la reutilización de aguas regeneradas en una planificación hidrológica sostenible a escala de cuenca;
- ii) incorporar la gestión diferencial de la calidad del agua en el marco de la economía circular del agua;
- iii) desarrollar la economía circular del agua a distintas escalas espaciales y unidades de gestión;
- iv) acoplar la recuperación de energía y materiales en las aguas regeneradas;
- v) abordar el reto de los contaminantes emergentes en las aguas residuales

vi) incorporar una visión integrada de la distribución de costes y de principio quien contamina paga con criterios de equidad social.

A continuación se desarrollan estos seis ejes.

3.4.1. *Integrar la reutilización de aguas regeneradas en una planificación hidrológica sostenible a escala de cuenca*

La economía circular a escala de un determinado sistema implica minimizar la extracción de recursos y la generación de residuos en el conjunto del sistema. En el caso del agua, esto se traduce en la reducción del agua total extraída del medio natural (ríos, acuíferos) y en la reducción del vertido de aguas residuales no depuradas o insuficientemente depuradas. La eficacia de una economía circular del agua debe ser evaluada en función del éxito alcanzado en la consecución de ambos objetivos.

En relación con el primer objetivo, ya se ha señalado que la aplicación aislada de actuaciones de reutilización de aguas regeneradas puede no sólo ser de escasa utilidad a la hora de aliviar la presión sobre ríos y acuíferos (por alentar el crecimiento de las demandas) sino que, en territorios áridos con caudales circulantes muy escasos, la reutilización directa de aguas residuales puede incluso empeorar el estado de los ríos (por reducción de los caudales circulantes. Por ejemplo, en 2007 en torno al 44% de todas las aguas residuales depuradas de la demarcación del Segura se reutilizaban de forma directa para regadío y algún campo de golf (CHS, 2007b). En 2012 la proporción de aguas residuales reutilizadas de forma directa en la cuenca del Segura ascendió al 55% y para 2021 se espera que dicha proporción alcance la casi totalidad de las aguas residuales (CHS, 2015). El incremento de la reutilización directa de aguas residuales está ligado al aumento y mejora de las plantas de tratamiento y procesos de depuración, que han impulsado las peticiones de concesión de aguas residuales por parte de usuarios de regadío y campos de golf.

En relación con la reutilización de aguas de riego hay que tener en cuenta que para mantener las múltiples funcionalidades del agua es muy importante que los recursos hídricos se utilicen y gestionen, en la mayor medida posible, dentro de los flujos naturales del agua, dado que un uso, transporte y consumo de tales recursos fuera de los flujos naturales, utilizando circuitos artificiales como canalizaciones, conlleva una pérdida de su funcionalidad ambiental. Por ello se debe promover que los usos del agua estén lo más integrados o cercanos posible al ciclo hidrológico natural, priorizando por ejemplo, siempre que sea factible, la distribución de recursos a través de flujos naturales frente a los artificiales. La reutilización directa de las aguas residuales, que por tanto no son devueltas al río antes de ser de nuevo captadas aguas abajo, supone un menor grado de integración con el ciclo hidrológico natural y una pérdida de la funcionalidad ambiental del agua, dado que se reducen los caudales circulantes y las funciones ambientales y servicios ecosistémicos vinculados a los mismos.

Para mantener las múltiples funcionalidades del agua es muy importante que los recursos hídricos se utilicen y gestionen, en la mayor medida posible, dentro de los flujos naturales del agua, dado que un uso, transporte y consumo de tales recursos fuera de los flujos naturales, utilizando circuitos artificiales como canalizaciones, conlleva una pérdida de su funcionalidad ambiental. Por ello se debe promover que los usos del agua estén lo más integrados o cercanos posible al ciclo hidrológico natural, priorizando la distribución de recursos a través de flujos naturales frente a los artificiales y, en este caso, la reutilización indirecta, tras el retorno a los cauces naturales, frente a la reutilización directa.

La excepción a este criterio general se encuentra en las zonas costeras, donde las aguas regeneradas con frecuencia no pueden ser vertidas a un cauce público. La reutilización de aguas residuales en zonas costeras no sólo es pertinente y adecuada sino que además permite eliminar la contaminación por vertidos a través de emisarios submarinos en zonas costeras y marinas.

En el caso de que por alguna razón sea imprescindible la reutilización indirecta en zonas de interior, debe concebirse como una sustitución de caudales e implicar la correspondiente reducción de las aguas captadas desde los ecosistemas, fundamentalmente desde los ríos, en compensación por los caudales depurados que no van a ser devueltos a los mismos. De esta forma la reutilización de aguas residuales sí implicaría una menor extracción de recursos hídricos desde los sistemas naturales, una de las premisas básicas de la economía circular.

En relación con el segundo objetivo, la reutilización de aguas residuales reduce los flujos contaminantes que alcanzan los ríos, pero hay que tener en cuenta que dicho objetivo puede ser también alcanzado con una buena depuración sin posterior reutilización. De hecho, en territorios áridos y semiáridos, con caudales fluviales modestos, la devolución al río de aguas bien depuradas puede contribuir a mejorar el estado ecológico del mismo, en tanto que una reutilización directa generalizada puede no contribuir a dicha mejora e incluso empeorar el estado ecológico.

Con el fin de evitar tales efectos no deseados (inducción de un aumento de las demandas y afecciones a los caudales circulantes), las aguas regeneradas deben incorporarse en el marco de una planificación y gestión integral del agua a escala de sistema, en particular a escala de cuenca, basada en la gestión de la demanda. Esta planificación integrada debe garantizar que la reutilización contribuye a mejorar la sostenibilidad general del agua y a reducir las presiones sobre los ecosistemas. Para ello la planificación a escala de cuenca debe establecer los objetivos y destinos de los caudales reutilizados teniendo en cuenta todos los usos existentes y todos los recursos disponibles, con el fin de evitar la generación de expectativas en las demandas y garantizar los caudales ecológicos y resto de requerimientos de la Directiva Marco del Agua.

En definitiva:

i) Siempre que sea posible se debe priorizar la reutilización indirecta a través de ríos y flujos naturales frente a la reutilización directa. Esa debería ser la regla general en interior.

ii) Cuando la reutilización directa no sea posible (zonas costeras y otras áreas alejadas de la red fluvial o de cauces naturales), las aguas regeneradas deben utilizarse para satisfacer demandas ya existentes, en sustitución de recursos captados desde los sistemas naturales, con la correspondiente modificación de la concesión, con el fin de que la reutilización no constituya una política de incremento de la oferta. De esta forma la reutilización sí puede contribuir a reducir la presión sobre ríos y acuíferos y a mejorar el estado de los mismos.

iii) En zonas costeras debemos ir hacia la plena reutilización de la agua residuales, de forma que se puedan eliminar todos los emisarios submarinos. La reutilización de aguas costeras debería tener lugar en sustitución de otros caudales captados y distribuidos, con la correspondiente revisión de concesiones. La prioridad de la reutilización directa de agua residuales, tanto en zonas costeras como en zonas de interior donde la reutilización indirecta no es viable, debe ser la de reutilización en los usos urbanos e industriales no potables, reduciendo las aguas captadas en origen para tales usos.

3.4.2. Incorporar la gestión diferencial de la calidad del agua en el marco de la economía circular del agua

La gestión diferencial o inteligente de la calidad del agua persigue un ajuste fino de la calidad del agua entre cada recurso y cada demanda concreta, según las exigencias de cada tipo de uso, destinando las aguas de mayor calidad sólo a los usos que realmente la necesitan. Esta gestión diferencial de la calidad del agua permite un doble beneficio:

- Por un lado, se mejora y garantiza la calidad requerida por cada uso, evitando déficits de calidad y sus efectos ambientales y sobre la salud humana. En el caso del agua para abastecimiento, existen beneficios adicionales para la salud, al utilizar recursos hídricos de la máxima calidad sanitaria y organoléptica, a la vez que se minimizan los tratamientos necesarios en las fases de prepotabilización y potabilización.
- Por otro lado, se evita asignar aguas de elevada calidad a usos que realmente no la necesitan. Esto permite, por un lado, liberar tales aguas de alta calidad para usos como el abastecimiento y, por otro, minimizar las necesidades generales de tratamiento de aguas y sus costes. Por ejemplo, se pueden reducir las necesidades de potabilización, excluyendo dicho tratamiento a los usos urbanos e industriales distintos al abastecimiento humano y procesos alimentarios, reduciendo con ello los costes económicos, energéticos y ambientales del conjunto del ciclo del agua,

incluyendo los requerimientos y tamaños de las infraestructuras. Por ejemplo, la reutilización de aguas residuales en regadío tiene el potencial de ajustar en detalle los tipos de tratamiento realmente necesarios, dado que un tratamiento terciario de eliminación de nutrientes no sería necesario, reduciendo con ello el consumo energético y los costes del tratamiento. Igualmente es posible ajustar la calidad del agua a los destinos de la misma en relación con otras características. Así, aguas con una conductividad elevada, una situación frecuente en contextos de elevada eficiencia, con muchos ciclos de reutilización o en ámbitos costeros con redes de saneamiento con un mantenimiento inadecuado, no serían adecuadas para riego pero sí podrían ser reutilizadas sin problemas en determinados usos industriales.

La gestión diferencial de la calidad del agua no es un concepto nuevo: Antonio Estevan ya planteaba desde finales de los años 90 que una buena estrategia de gestión de la demanda hídrica incluía, entre otros ejes, el de realizar un buen ajuste de la calidad del agua según los requerimientos de cada uso (Estevan, 2000).

La gestión diferencial o inteligente de la calidad del agua permite expandir las posibilidades de una economía circular del agua, al identificar múltiples circuitos a distintas escalas en los que la reutilización es viable, minimizando los costes de tratamiento y permitiendo acoplar varios ciclos de reutilización de unos mismos caudales.

3.4.3. Desarrollar la economía circular del agua a distintas escalas espaciales y unidades de gestión

Un reto importante, ligado al anterior de gestión diferencial de la calidad del agua, es implementar la economía circular del agua a distintas escalas espaciales y unidades de gestión, desde la escala de cada hogar a la escala de cuenca. A escala de cada hogar, se trata de fomentar dobles circuitos aguas grises/aguas negras, como primera célula de reutilización del agua. A escala del sistema urbano de una ciudad, las aguas regeneradas pueden ser reutilizadas en la propia ciudad para todos los usos urbanos no potables, como el riego de jardines o la limpieza de calles. Finalmente, las aguas urbanas regeneradas pueden ser reutilizadas en otros sectores, como el agrario o muchos usos industriales.

De la misma forma es posible identificar distintas células o ciclos de reutilización de aguas dentro de otros sectores como el industrial, lo que requiere un análisis detallado de las diferentes actividades industriales y de los procesos que están utilizando agua. En el caso del sector agrario, un ejemplo emblemático e histórico de reutilización del agua de riego es el de los regadíos tradicionales de las vegas fluviales o huertas, donde los excedentes del riego o drenajes de las huertas situadas aguas arriba son recogidos a través de una compleja red de conducciones tradicionales (red de azarbes) y reutilizados de nuevo para riego, sin pasar por el río, en las huertas situadas aguas abajo. Este caso

merece una discusión más amplia en relación con la definición y escalas de aplicación del concepto de eficiencia. En efecto, estos sistemas hidráulicos de las huertas mediterráneas históricas, que vienen demostrando su funcionalidad y viabilidad desde hace muchos siglos, están desapareciendo de forma creciente debido a los denominados “planes de modernización de regadíos tradicionales” que, entre otros problemas, acaban con este sistema de reutilización de drenajes y no tienen en cuenta que el concepto de eficiencia en estos regadíos históricos debería aplicarse a escala del conjunto del sistema y no a escala de parcela agraria.

De nuevo, avanzar en una economía circular del agua bien organizada a distintas escalas requiere aplicar un enfoque integrado e incorporarlo en todos los ámbitos de la planificación, superando acciones puntuales o desconectadas entre sí. La consideración conjunta de la gestión diferencial del agua y de la reutilización a distintas escalas abre enormes perspectivas para una economía circular avanzada del agua. Por ejemplo, desde el punto de vista del suministro en alta, el uso de dobles circuitos potable/no potable en los ámbitos urbano e industrial, permitiría utilizar tratamientos de potabilización exclusivamente para los usos de abastecimiento humano y alimentario, mientras que el resto de usos industriales y urbanos pueden ser satisfechos con aguas no potables, incluyendo aguas regeneradas. A escala doméstica o de suministro en baja, el doble circuito aguas grises/aguas negras permite considerables ahorros de agua y de los elevados costes económicos y energéticos de una innecesaria potabilización para determinados usos domésticos, como el funcionamiento de los inodoros.

En definitiva, se trata de maximizar la reutilización del agua, una vez captada, en los distintos sectores y a distintas escalas, con el fin de atender los distintos usos con una menor necesidad de captación de agua.

3.4.4. Acoplar la recuperación de energía y materiales en las aguas regeneradas

Uno de los retos actuales es el de avanzar en la recuperación energética y de materiales de las aguas residuales. Actualmente se están desarrollando importantes avances tecnológicos que permiten la recuperación de distintas sustancias contenidas en las aguas residuales, como los nutrientes, particularmente fósforo, la celulosa, el metano disuelto y el biogás, a partir de la materia orgánica contenida en las aguas residuales.

Por otra parte, la estrecha interdependencia entre agua y energía requiere una nueva visión sobre el ciclo integrado del agua y sus requerimientos energéticos, también en el caso de la reutilización de aguas regeneradas y en general en el conjunto de la economía circular del agua. La huella energética de los sistemas de depuración y reutilización del agua depende de muchos factores, incluyendo las calidades de origen, los tratamientos y los objetivos de calidad que se necesitan alcanzar por razones ambientales (mantener el buen estado ecológico de un río, por ejemplo) o derivados de los requerimientos del nuevo uso (como la reutilización en regadío). En el contexto de la transición energética

es evidente la urgencia de reducir la huella energética en el conjunto de los procesos de depuración y de reutilización.

Por ello cobran un nuevo interés los sistemas de duración poco intensivos en energía, a través de Soluciones Basadas en la Naturaleza, incluyendo la depuración extensiva, basada en procesos naturales de depuración que no requieren aportaciones adicionales de energía o reactivos (a expensas de mayores necesidades de superficie), allí donde estos sistemas extensivos son viables, en concreto las pequeñas y medianas poblaciones.

Es evidente que una economía circular avanzada del agua debe incorporar la recuperación energética y de materiales en la regeneración de aguas urbanas e industriales y su posterior reutilización. Sin embargo, esta incorporación debe realizarse desde una perspectiva integral (regeneración y reutilización de inicio a cola del proceso), de forma que se reduzcan los costes energéticos y la huella de carbono atendiendo al conjunto del proceso (no sólo a fases concretas del mismo), a través de un Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El análisis integral de la energía debe incluir la energía geopotencial (altitudes) y distancias implicadas en el proceso.

3.4.5. Abordar el reto de los contaminantes emergentes en las aguas residuales

Los contaminantes emergentes agrupan a un amplio número de sustancias potencialmente peligrosas pero cuya presencia en el medio es más o menos reciente, razón por la que no cuentan con legislación específica y en muchos casos no están sometidas a procesos rutinarios de detección. En los últimos años se está prestando una atención creciente al problema de los contaminantes emergentes, incluyendo los presentes en las aguas residuales, como antibióticos, estrógenos y otros residuos farmacéuticos, drogas y sus metabolitos.

En la actualidad persisten grandes carencias de información sobre estos contaminantes emergentes, no existiendo un buen diagnóstico de la situación actual en torno a tres cuestiones fundamentales: i) la presencia de estos contaminantes emergentes en las aguas residuales e industriales, ii) la eficacia de los procesos actuales de depuración respecto a tales contaminantes y iii) las tecnologías y alternativas de gestión disponibles.

El informe de Damiá Barceló y López de Alda (2007) reveló que las estaciones de tratamiento de aguas residuales constituyen una importante vía de entrada de contaminantes emergentes al medio acuático, lo que por un lado indica que las aguas residuales presentan concentraciones significativas de tales contaminantes y, por otro lado, que los procesos convencionales de depuración no son eficaces para algunos de tales contaminantes, como es el caso de algunos fármacos. Este informe también señaló que en torno al 25-30% de la población española tira los productos farmacéuticos

caducados a la red de saneamiento.

Estos contaminantes emergentes presentes en las aguas residuales constituyen sin duda un problema potencial de cara a su reutilización. Por ello es fundamental disponer de un buen diagnóstico de la situación, de los casos en los que los contaminantes emergentes pueden efectivamente constituir un problema y de las alternativas técnicas disponibles. En cualquier caso, hay que señalar que la problemática de los contaminantes emergentes ha de abordarse con independencia de la reutilización o no de las aguas regeneradas, dado que su vertido al medio ocasiona problemas ambientales que en última instancia pueden afectar también a la salud pública. Por ejemplo, el informe citado señaló la existencia de numerosos estudios científicos que demuestran los negativos efectos de algunos fármacos cuando se liberan en el medio ambiente, como el que demostró la correlación entre los niveles de estrógenos y la presencia de peces intersex en el río Llobregat (Petrovic et al, 2002).

3.4.6. Incorporar una visión integrada de la distribución de costes y de principio quien contamina paga con criterios de equidad social

Para la reutilización con garantías sanitarias se necesita ampliar el tratamiento de depuración de aguas residuales (terciario, desinfección...) con el consiguiente aumento de los costes. En aplicación del principio quién contamina paga los costes deben ser asumidos por el usuario urbano, pero existe falta de asimetría y equidad en la aplicación de este principio, dado que el usuario urbano paga también los costes de potabilización del agua contaminada por otros usuarios, en particular los usuarios agrarios, los cuales están afectando a las fuentes de suministro de agua urbana debido a la extensión creciente de la contaminación difusa agraria, específicamente la generada por nitratos y por plaguicidas.

En la medida en que no se aplica el principio de quien contamina paga al sector agrario, se seguirán contaminando por nitratos y plaguicidas las fuentes de agua utilizadas para abastecimiento (ríos, acuíferos y también manantiales), lo que incrementa los costes del tratamiento de las aguas utilizadas para suministro doméstico, bien por tener que aplicar procesos de tratamiento cada vez más sofisticados y caros, bien al tener que sustituir las fuentes contaminadas por otras más alejadas o que requieren la construcción y puesta en funcionamiento de nuevas infraestructuras, con los consiguientes costes económicos, energéticos ambientales y sociales.

Desde criterios de equidad social y también en aplicación de la Directiva Marco del Agua, que obliga a recuperar los costes ambientales, los usuarios agrarios deben internalizar los costes de la contaminación agraria difusa, lo que se traduciría en una reducción significativa de la misma. Además de reducir los costes de tratamiento de las aguas para uso doméstico y proporcionar aguas de mayor calidad desde el punto de vista de la salud humana, esto supondría un trato más justo y equitativo en la aplicación del principio

quien contamina paga y permitiría mayores niveles de apoyo por parte de los ciudadanos a la hora de costear procesos más exigentes de regeneración de aguas urbanas.

3.4.7. Consideraciones finales

En definitiva, los seis ejes expuestos dibujan una economía circular del agua avanzada que debería llevarse a cabo como parte de las estrategias de gestión de la demanda para, entre otros objetivos, minimizar el consumo de agua en todos los procesos económicos (agrarios, industriales o de otro tipo), así como en los usos urbanos. En coherencia con este reto, es fundamental aplicar no sólo criterios de eficiencia (ahorro de agua por unidad de producto o servicio unitario generado) sino también criterios de eficacia (reducción de la captación bruta total de agua de los sistemas naturales, como ríos y acuíferos), con el fin de conseguir avances reales en la sostenibilidad ambiental de los usos del agua.

Una economía avanzada del agua como la que aquí se propone constituye también una dimensión clave de la necesaria adaptación a la realidad del cambio climático en marcha y a unos recursos hídricos que seguirán reduciéndose en el futuro cercano. Además, junto a una estrategia global de gestión y reducción de las distintas demandas, permitirá ganar en resiliencia frente al cambio climático y en sostenibilidad ambiental, con el fin de recuperar y mantener el buen estado de nuestros ríos y resto de ecosistemas acuáticos, así como los múltiples servicios ecosistémicos que nos proporcionan.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos con este proyecto de integración permiten extraer las siguientes conclusiones:

- La consideración del agua reutilizada como un nuevo recurso hídrico se refiere a la reutilización directa (sin previa devolución de los retornos a ríos y cauces) de las aguas residuales depuradas, normalmente para uso en regadío. Esta visión ignora que dichos recursos ya se estaban reutilizando, si bien de forma indirecta, a través del retorno de las aguas residuales urbanas (depuradas o no) a los caudales circulantes. Si tales aguas depuradas son asignadas a nuevos usos sin alterar los usos y concesiones previas, se está incurriendo en una doble contabilidad y en una sobreasignación de recursos, lo que supone un balance hídrico falseado y en muchos casos contribuye a la creación o al aumento del déficit hídrico.
- La reutilización de aguas residuales puede constituir un componente importante para avanzar en una gestión más sostenible del agua o al contrario, aumentar la insostenibilidad del agua, dependiendo de si se concibe como una serie de actuaciones aisladas de incremento de recursos o si se inscribe en una planificación integral basada en la gestión de la demanda y donde en la misma se incluya una economía circular del agua avanzada.
- En ausencia de una cuidadosa planificación, la reutilización de aguas residuales puede dar lugar –y de hecho ha dado lugar- a efectos negativos. En primer lugar, si se gestiona como nuevo recurso, como así viene ocurriendo (se considera la reutilización de aguas residuales como “recurso no convencional”, se suele alentar el crecimiento de las demandas. En segundo lugar, la reutilización directa suele suponer una reducción de los caudales circulantes, lo que puede tener un efecto importante en tramos fluviales con caudales pequeños.
- El Plan DSEAR no ha recogido suficientemente las dudas y riesgos en relación con los posibles efectos ambientales y sobre la sostenibilidad general del agua que pueden tener los proyectos de reutilización directa del agua. Tampoco se ha condicionado la promoción de dicha reutilización directa a los casos en los que tales riesgos están minimizados, como es el caso de la reutilización en zonas costeras.
- El Plan de Acción de Economía Circular (PAEC 2021-2023) establece objetivos de eficiencia (ahorros unitarios de agua), pero no de eficacia, es decir, de mejora efectiva del estado ambiental de ríos y acuíferos, lo que requiere que la reutilización redunde en una reducción de las captaciones. Es fundamental aplicar no sólo criterios de eficiencia sino también criterios de eficacia (reducción de la captación bruta total de agua de los sistemas naturales, como ríos y acuíferos), con el fin de conseguir avances reales en la sostenibilidad ambiental de los usos del agua

- Para algunos usos agrícolas y parámetros, los requisitos mínimos de calidad establecidos por la normativa estatal y la legislación europea coinciden. Sin embargo, hay parámetros para los que la regulación europea establece valores límite más exigentes. Es el caso de *Escherichia Coli* para todos los cultivos a excepción de los cultivos industriales, que es también más exigente en los parámetros “sólidos en suspensión” y “turbidez”. Finalmente, que la regulación europea establece además requisitos mínimos de DBO5 para los distintos cultivos, mientras que la normativa estatal no incluye este parámetro dentro de sus requisitos de calidad para los usos agrícolas.
- Para evitar los efectos no deseables de la reutilización de aguas residuales se proponen los siguientes ejes de actuación: i) integrar la reutilización de aguas regeneradas en una planificación hidrológica sostenible a escala de cuenca; ii) incorporar la gestión diferencial de la calidad del agua en el marco de la economía circular del agua; iii) desarrollar la economía circular del agua a distintas escalas espaciales y unidades de gestión; iv) acoplar la recuperación de energía y materiales en las aguas regeneradas; v) abordar el reto de los contaminantes emergentes en las aguas residuales y vi) incorporar una visión integrada de la distribución de costes y de principio quien contamina paga con criterios de equidad social.

5. Referencias

Arrojo, P. 2021. Risks and impacts of the commodification and financialization of water on the human rights to safe drinking water and sanitation. Seventy-sixth session Item 75 (b) of the provisional agenda. Promotion and protection of human rights: human rights questions, including alternative approaches for improving the effective enjoyment of human rights and fundamental freedoms. United Nations General Assembly. A /76/159.

Damià Barceló L; López de Alda, M.J. 2007. “Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes”. En: Panel Científico-Técnico de seguimiento de la política de aguas. Fundación Nueva Cultura del Agua. www.fnca.eu

Estevan, A. 2000. Planes integrales de gestión de la demanda de agua. En: Antonio Estevan y Víctor Viñuales (comps.) La eficiencia del agua en las ciudades. Bakeaz-Fundación Ecología y Desarrollo. Bilbao. Zaragoza.

Heller, L. 2020. Los derechos humanos y la privatización de los servicios de agua y saneamiento, <https://undocs.org/es/A/75/208>.

Martínez Fernández, J.; Esteve Selma, M.A. 2004. Dynamics of water scarcity on irrigated landscapes: Mazarron and Aguilas in Southeastern Spain. *System Dynamics Review*. 20(2): 117-137.

Martínez Fernández, J.; Esteve M.A.; Carreño, M.F.; Miñano, J.; Robledano, F.; Suárez, M.L.; Vidal-Abarca, M.R. 2008. Funcionalidad de las cuencas como elemento clave para la sostenibilidad. Algunos casos piloto. Cuenca del Segura. En: Agua y Sostenibilidad. Funcionalidad de las cuencas. Observatorio de la Sostenibilidad en España-Ediciones Mundi Prensa. pp. 130-153. Madrid.

Martínez Fernández, J. 2019. Agua circular y sostenibilidad: una relación compleja. En Jiménez Herrero, L.M. & Pérez Lagüela, E. (coords). Economía circular-espiral.

Transición hacia un metabolismo económico cerrado. Editorial Ecobook. Madrid. pp. 213-229.

Melgarejo, J. 2009. Efectos ambientales y económicos de la reutilización del agua en España. *CLM Economía*, 15: 245-270.

6. Balance económico

	AYUDA SOLICITADA	B.IMPONIBLE		IVA		GASTOS		OTRAS AYUDAS	DESV.
		Solicitado	Realizado	Solicitado	Realizado	Solicitado	Realizado		
PROY.4-Reutilización de recursos hídricos y calidad del agua	14.362,31 €	14.111,10 €	14.113,18 €	251,21 €	267,23 €	14.362,31 €	14.380,41 €	- €	18,10 €
Personal coordinación y gestión		12.609,98 €	12.609,98 €	- €	- €	12.609,98 €	12.609,98 €		
Asistencias técnicas		- €	- €	- €	- €	- €	- €		
Viajes y alojamiento		- €	- €	- €	- €	- €	- €		
Materiales		- €	- €	- €	- €	- €	- €		
Gastos auditor		140,00 €	140,00 €	29,40 €	29,40 €	169,40 €	169,40 €		
Gastos indirectos		1.361,12 €	1.363,20 €	221,81 €	237,83 €	1.582,93 €	1.601,03 €		



Contacto:

Fundación Nueva Cultura del Agua

Calle Pedro Cerbuna, 12, 4D

Zaragoza (España)

<https://fnca.eu>

fnca@unizar.es

@FNCAgua

