



### Cómo aprovechar los principios de la economía circular para afrontar los desafíos del sector del agua y otros sectores

16.08.2021

#3

En todo el mundo, alrededor del 80 % de las aguas residuales vuelven al medio ambiente sin ser tratadas ni reutilizadas. Esto no solo representa una gran amenaza para los ecosistemas, sino también una oportunidad perdida para reutilizar los valiosos recursos (agua, materiales y energía) que contienen estos efluentes.

El enfoque de la economía circular ofrece amplias oportunidades para que el sector de agua y saneamiento contribuya a la seguridad hídrica, energética y alimentaria, a la vez que genera beneficios medioambientales y económicos.

Lea esta hoja de tendencias para saber más sobre las tendencias actuales y ejemplos de enfoques innovadores intersectoriales y de actores múltiples.

## Contenido

¿Por qué esta hoja de tendencias?	2
Resumen	2
Introducción	3
Oportunidades para la economía circular en el sector de agua y saneamiento	4
Cerrar los bucles dentro de los sistemas a diferentes niveles	5
Modelos de negocio	7
Actores implicados	8
Desafíos para la implementación exitosa de la Economía Circular en agua y saneamiento	9
Tendencias e innovaciones	10
Ejemplos de enfoques circulares innovadores	11

## ¿Por qué esta hoja de tendencias?

### ¿Qué tendencia observamos?

El concepto de economía circular ha experimentado un impulso mundial en las dos últimas décadas. Sin embargo, su aplicación en el sector de agua y saneamiento aún no está muy extendida y sigue limitándose al reciclaje y no a la circularidad.

### ¿Por qué es importante esta tendencia para los profesionales del agua en la cooperación para el desarrollo?

Adoptar una perspectiva de economía circular en la gestión del agua y el saneamiento puede ayudar a abordar varios retos de desarrollo de forma combinada, entre ellos: reducir la inseguridad y el estrés hídrico, aumentar la eficiencia y la eficacia en el uso del agua, prevenir la contaminación de las fuentes de agua, proporcionar acceso a un saneamiento seguro, generar energía renovable y fertilizantes, a la vez que se contribuye a la sostenibilidad financiera de los servicios de agua y saneamiento y se crean oportunidades de negocio.

### ¿Qué hay de nuevo?

La digitalización, las soluciones basadas en la naturaleza y las innovaciones en tecnología y diseño de procesos ofrecen nuevas oportunidades para los enfoques circulares en la gestión del agua y el saneamiento.

## Resumen

El enfoque de la Economía Circular (EC), con sus principios de reducción del consumo, reutilización de recursos y recuperación de materiales en los procesos de producción, experimenta un gran impulso en todo el mundo. También ofrece amplias oportunidades en el sector de agua y saneamiento, donde su aplicación no ha hecho más que empezar.

La economía circular en el sector de agua y saneamiento puede implicar, entre otras cosas, la reutilización del agua para diversos fines, la recuperación y reutilización de los nutrientes contenidos en las aguas residuales o la generación de energía a partir de los lodos de depuración. Se pueden cerrar los bucles de recursos relacionados dentro de sistemas de diferentes tamaños, desde el nivel de hogar hasta el nivel de ciudad y cuenca. Por lo tanto, cerrar los bucles de recursos en la gestión del agua y el saneamiento puede contribuir no sólo a aumentar la seguridad del agua, sino también a mejorar la seguridad energética y alimentaria. Además, puede ayudar a proteger los ecosistemas al reducir los vertidos de nutrientes y materia orgánica al medio ambiente y al recargar los sistemas naturales de almacenamiento de agua, como los acuíferos y los humedales.

Aunque la reutilización del agua y los recursos no es algo nuevo en el sector del agua, el enfoque de la economía circular puede agregar valor gracias a su perspectiva de sistemas integrados. Asimismo, la digitalización y la innovación ofrecen cada vez más oportunidades para aplicar enfoques circulares en el sector del agua. Por lo tanto, debería considerarse un enfoque de economía circular en el diseño de proyectos y sistemas de agua en el futuro.

Esta hoja de tendencias esboza las oportunidades existentes para cerrar los bucles de recursos de agua y saneamiento en sistemas que pertenecen a niveles diferentes y a través de los mismos y apunta a retos comunes para su implementación. Presenta las tendencias actuales en la transición mundial hacia una economía circular y ofrece ejemplos de enfoques y tecnologías innovadoras de economía circular intersectoriales y de múltiples actores.

## Introducción

### Cómo se puede trasladar el concepto de Economía Circular al sector de agua y saneamiento

#### Definición y principios de la economía circular:

En términos generales, una economía circular es aquella en la que se minimiza el uso de recursos, debido a que los desechos de un proceso se convierten en un insumo para otros procesos y los productos se reutilizan, reparan o reciclan, en lugar de descartarse. Aunque el concepto surgió en los años sesenta, ha experimentado un gran impulso en las dos últimas décadas, como puede verse en las numerosas iniciativas y estrategias que han surgido recientemente (por ejemplo, el plan de acción de economía circular de la UE, el [Foro Mundial de Economía Circular](#) o la [Alianza Mundial sobre Economía Circular y Eficiencia de los Recursos](#)).



©Foto de Sigmund en Unsplash

Hoy en día, el concepto de economía circular se entiende como un **cambio** sistemático y fundamental que **se aleja de un modelo industrial extractivo lineal de tomar-hacer-desechar**, hacia un sistema que sigue los **tres principios nucleares de la Economía Circular** (Fundación Ellen MacArthur):

- Minimizar los residuos y la contaminación.
- Mantener los productos y materiales en uso.
- Regenerar los sistemas naturales.

**Aplicado al sector de agua y saneamiento**, el concepto de Economía Circular podría traducirse como: un cambio del enfoque lineal comúnmente adoptado de tomar-usar-descargar, hacia el cierre de **tres ciclos de recursos interconectados: el ciclo del agua, los materiales y la energía** (véase la Figura 1).

- **Ciclo del agua:** incluye el agua en el medio ambiente, el agua suministrada para consumo y no-consumo (por ejemplo, riego, procesos de producción, refrigeración, saneamiento por agua) y la escorrentía de aguas pluviales.
- **Ciclo de los materiales:** incluye la materia orgánica, los nutrientes, grasas, minerales y productos químicos incluidos en las aguas residuales domésticas e industriales, los lodos fecales y de depuración, que pueden transformarse, por ejemplo, en insumos para la agricultura (abono, acondicionador del suelo) y otros procesos de producción.
- **Ciclo energético:** incluye la energía cinética, térmica y química incluida en los flujos de agua y aguas residuales, así como en los lodos fecales y de depuración, que puede recuperarse para suministrar energía al sistema de agua y saneamiento o como fuente de energía renovable para otros usos.

#### Principios básicos de la economía circular en el sector del agua

##### • **Minimizar los residuos y la contaminación (evitar y reducir):**

Reducir la cantidad de agua utilizada mediante el diseño de tecnologías sin agua, a través de medidas de conservación y eficiencia del agua, y la reducción del uso de productos químicos y energía para los servicios de agua y saneamiento.

##### • **Mantener los productos y materiales en uso (reutilizar y reciclar y recuperar):**

Reutilización de los efluentes del agua, por ejemplo para el riego o para fines industriales. Reciclar los residuos humanos y los lodos fecales para crear nuevos productos, como briquetas y compost. Recuperar componentes valiosos (por ejemplo, nutrientes, metales, energía) de las aguas residuales y los lodos fecales, directamente o mediante su posterior (bio) procesamiento.

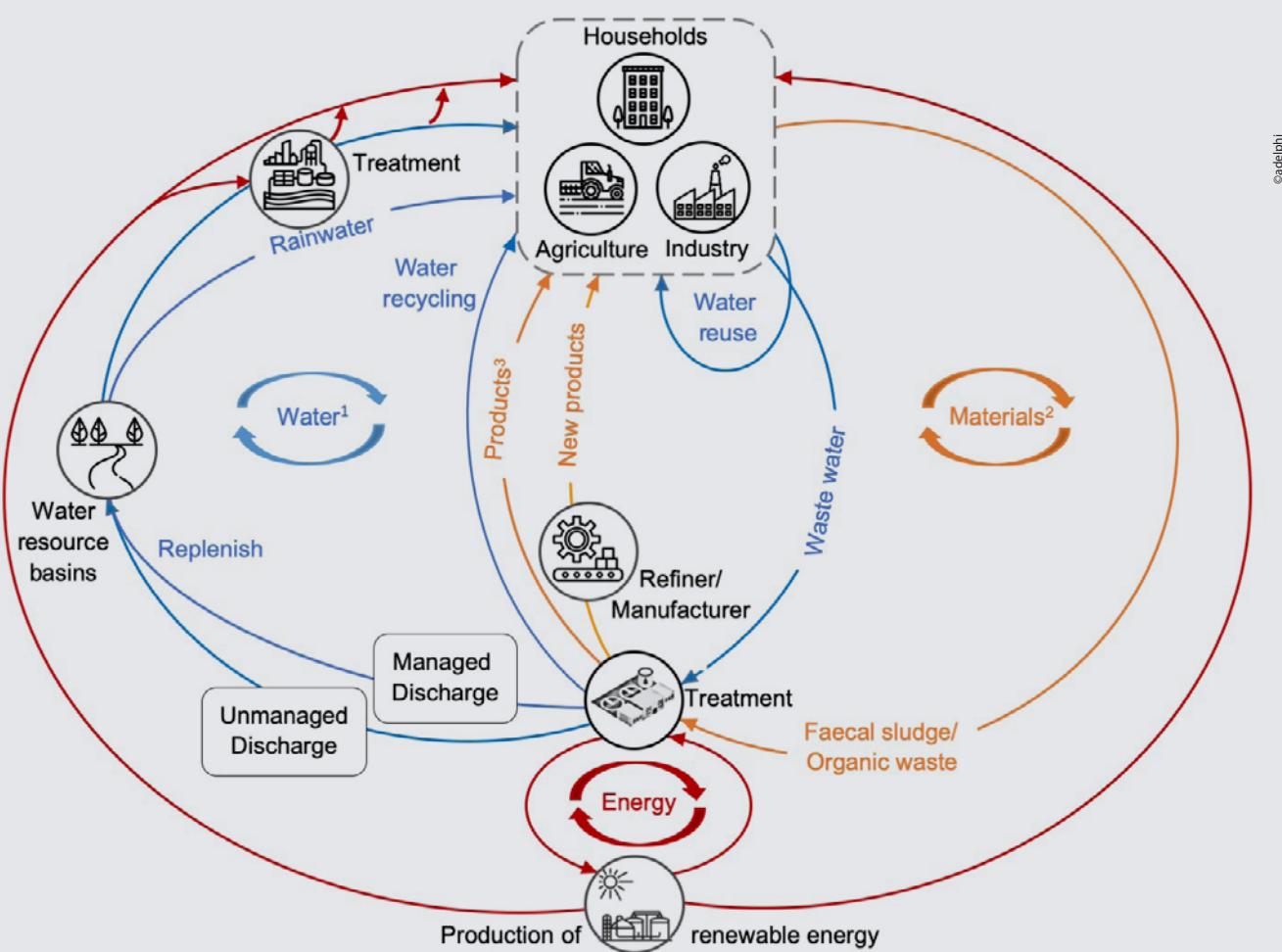
##### • **Regenerar los sistemas naturales:**

Prevenir la contaminación y otros efectos negativos en el medio ambiente y recargar las masas de agua naturales y los ecosistemas de agua con agua regenerada, por ejemplo, a través de la recarga gestionada de acuíferos (MAR, por sus siglas en inglés), o devolviendo los valiosos nutrientes de las aguas residuales y los lodos fecales al suelo para apoyar la regeneración.

# Oportunidades para la economía circular en el sector de agua y saneamiento

**La aplicación de los principios de la Economía Circular al agua y saneamiento puede contribuir a múltiples objetivos.** En todo el mundo, alrededor del 80 % de las aguas residuales vuelven al medio ambiente sin ser tratadas ni reutilizadas ([ONU-Agua](#)). Esto no solo representa una gran amenaza para los ecosistemas, sino también una oportunidad perdida para reutilizar los valiosos recursos (agua, materiales y energía) que contienen estos efluentes. El cierre de los bucles de recursos puede ayudar a abordar los retos mundiales, como la escasez de agua, la falta de instalaciones de saneamiento, los suelos pobres en nutrientes y la degradación de los ecosistemas, al mismo tiempo que genera ingresos financieros para apoyar la prestación de servicios de agua y saneamiento y crea oportunidades de negocio para diversos actores a lo largo de las cadenas de valor de agua y saneamiento.

**Una perspectiva sistémica sobre los ciclos del agua, los materiales y la energía relacionados con el agua y el saneamiento.** La aplicación de una lente de economía circular puede ayudar a ir más allá de los enfoques comunes, como la reutilización del agua o el uso de lodos de depuración como fertilizante, mediante la introducción de una perspectiva sistémica. El pensamiento sistémico ayuda a comprender las complejas interrelaciones de los múltiples flujos de recursos dentro de un sistema determinado y, por tanto, a identificar soluciones más circulares para un uso más eficiente y eficaz de los recursos. Adoptar una perspectiva sistémica para el agua y saneamiento implica considerar los tres ciclos de los recursos (agua, materiales y energía) y sus cadenas de valor completas, así como el contexto de los sistemas medioambientales y sociales en los que están integrados. Las oportunidades para cerrar los bucles de recursos surgen en diferentes interfaces (véase la figura 1), por ejemplo, en las comunidades que incluyen la industria y la agricultura, o en las plantas de tratamiento de aguas residuales, que pueden funcionar como fábricas de recursos en una economía circular.



**Figura 1: El sistema de economía circular de agua y saneamiento (adelphi, 2020)**

## Cerrar los bucles dentro de los sistemas a diferentes niveles

Los ciclos del agua, los materiales y la energía pueden cerrarse dentro de sistemas interdependientes de diversos tamaños, desde los hogares hasta las ciudades y las cuencas hidrográficas. El potencial para cerrar los ciclos del agua, los materiales y la energía dentro de un sistema determinado dependerá de la correspondencia entre la oferta y la demanda de recursos. Cuanto más pequeño sea el sistema, más cerca estarán la oferta y la demanda, lo que reducirá los costos de transporte y de transacción entre los distintos actores implicados. Sin embargo, los sistemas más pequeños también ofrecen menos oportunidades para equilibrar el lado de la oferta y la demanda; por ejemplo, si el agua regenerada producida dentro de una ciudad no satisface la demanda de la misma, o si los nutrientes producidos no pueden utilizarse dentro del sistema.

Los diferentes niveles del sistema incluyen:

- **Hogares y comunidades/servicios públicos**

Un hogar representa uno de los sistemas más pequeños dentro de los cuales se pueden cerrar los tres ciclos de recursos de agua y saneamiento. Una aplicación común de la Economía Circular a nivel doméstico son los inodoros secos combinados con la reutilización de las aguas grises para jardinería, el uso de la orina como fertilizante y la generación de biogás a pequeña escala para cocinar. Dentro de las comunidades, los servicios públicos de agua y aguas residuales pueden desempeñar un papel importante apoyando a las comunidades con el agua recuperada, nutrientes, energía, calor, etc. En Lobitos (Perú), por ejemplo, [un proyecto piloto de la pequeña ONG Ecoswell](#) instaló una unidad de inodoro de compostaje seco (sin agua), ahorrando más de 15 000 litros de agua y produciendo cerca de 2 000 litros de compost de alta calidad al año que pueden utilizarse para fines agrícolas.

- **Empresas y compuestos industriales**

Dentro de una empresa o en un complejo industrial, los enfoques de la Economía Circular se aplican principalmente para reducir los costos y los riesgos del agua, aumentando la eficiencia del uso del agua y la energía en los procesos de producción y reduciendo los efluentes, los residuos y las emisiones. Además de reutilizar el agua, las industrias pueden utilizar a menudo la energía y el calor recuperados del agua de refrigeración, así como otros recursos recuperados del agua de proceso. Cuando las diferentes industrias que suministran y demandan agua, materiales y energía están situadas cerca, formando un complejo, generan potencial adicional para cerrar los ciclos de recursos a través de la simbiosis industrial. En los complejos industriales, por ejemplo, la reutilización del agua en cascada es una opción notable, ya que diferentes industrias pueden hacer uso de agua de diferente calidad. [Kujala waste symbiosis](#) y [Kalundborg Symbiosis](#) son buenos ejemplos de simbiosis industrial hacia la aplicación de una economía circular.

- **Granjas y asociaciones agrícolas**

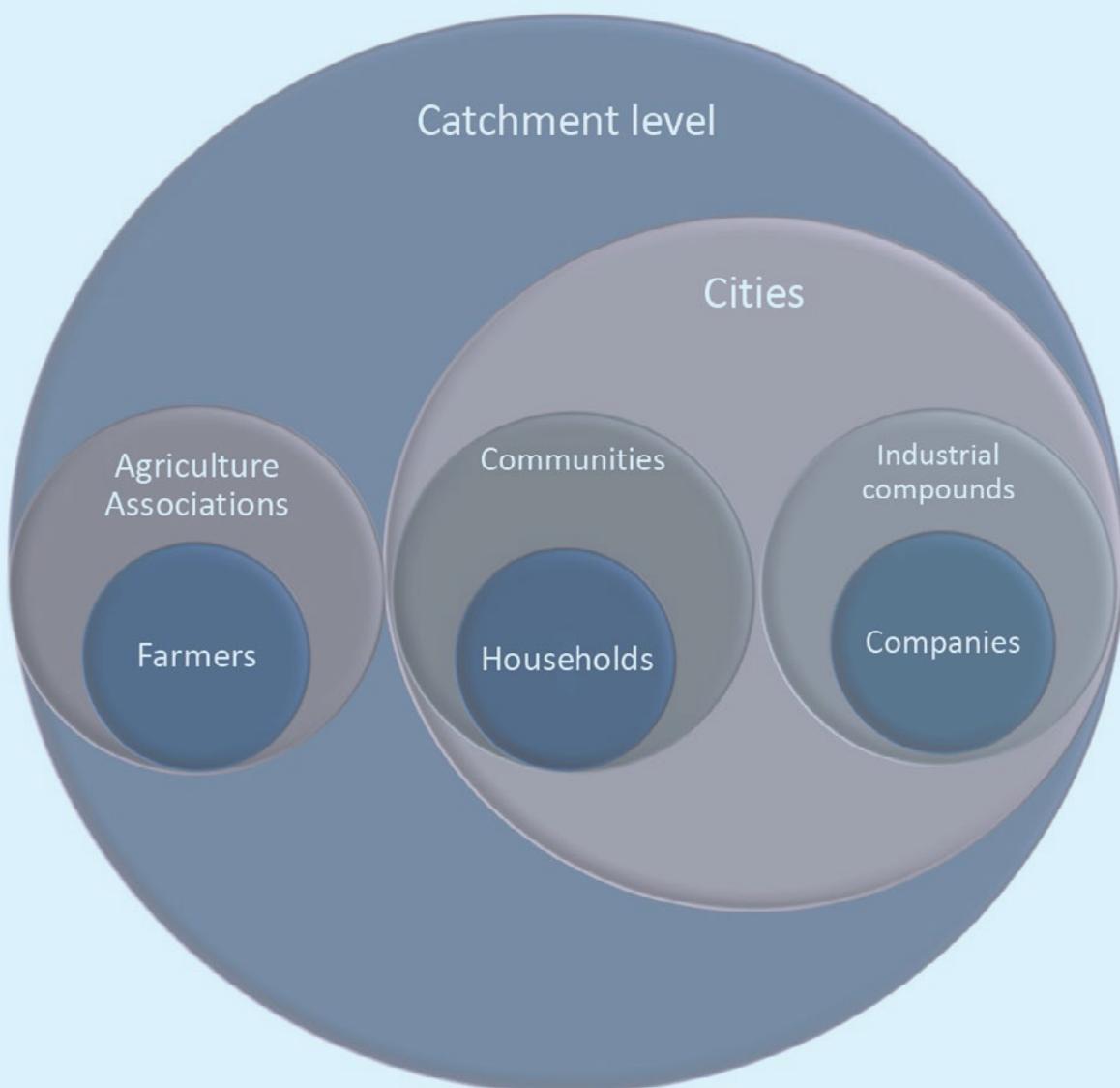
Al igual que en los hogares, existe potencial para cerrar los ciclos de los recursos dentro del pequeño sistema de una granja, por ejemplo, al reutilizar el agua de varias fuentes para el riego, los nutrientes del saneamiento y el estiércol como fertilizantes, y al generar energía a partir de residuos orgánicos, el estiércol y los lodos fecales. Una vez más, las oportunidades de equilibrar la oferta y la demanda aumentan si varias granjas, por ejemplo, en una asociación agrícola, consideran conjuntamente las oportunidades de la Economía Circular. La granja sostenible "Songhai" en Benín ha dado un ejemplo que se ha adoptado en muchos países de la región. Con una agricultura de residuo cero, en la que los residuos se utilizan como forraje y estiércol para producir biogás y el agua de los estanques de peces (acuicultura) se utiliza después para regar los campos (Enlaces: Historia de éxito en Benín: [Conozca al agricultor de residuos cero de Benín que inspira un movimiento agrícola](#)).

- **Nivel de ciudad**

En las ciudades, hay una gran variedad de actores que se encuentran muy cerca unos de otros. Esto abre oportunidades para cerrar ciclos de recursos y establecer asociaciones. La reutilización del agua, por ejemplo, tiene un amplio espectro de usos en las zonas urbanas. Puede utilizarse para refrigerar edificios, regar paisajes, recargar las aguas subterráneas o descargar los inodoros. Los nutrientes pueden reutilizarse en la ciudad para la agricultura urbana, y la energía producida por los servicios de aguas residuales puede alimentar la red eléctrica. [En Ciudad del Cabo \(Sudáfrica\) se está aplicando la reutilización del agua a gran escala](#). Los enfoques [innovadores](#) lideran ahora el camino para evitar que se repita una situación tan cercana al Día Cero como la del año 2018. Las aguas residuales tratadas se están redirigiendo y purificando para que puedan volver a utilizarse con múltiples fines y se aplican los principios del agua inteligente para compartir los beneficios y gestionar los riesgos relacionados con las fuentes de agua regionales. En el marco de la iniciativa "[El agua como palanca](#)" (WaL, por sus siglas en inglés) se han desarrollado ejemplos innovadores de enfoques urbanos para una gestión del agua resiliente y circular, que han apoyado procesos de diseño (e investigación) multidisciplinarios para desarrollar proyectos urbanos innovadores.

- **Nivel de cuenca**

Mientras que los sistemas más grandes ofrecen más oportunidades para cerrar los ciclos de los recursos, las actividades a nivel de cuenca son mucho menos comunes en la práctica. La realización de la economía circular a nivel de las cuencas hidrográficas parece verse dificultada por factores geográficos, lo que hace indispensable el transporte del agua. Las actividades a este nivel pueden estar relacionadas, por ejemplo, con la infiltración y el vertido de agua para su reutilización a nivel de cuenca, y con el cierre de los bucles entre los usuarios de aguas arriba y aguas abajo, o las zonas urbanas y agrícolas. En la cuenca del Mar Báltico, [la ONG Metabolic analizó las oportunidades de un sistema agroalimentario circular en la región del Báltico](#), incluida la recuperación de nutrientes y la prevención de la eutrofización, para cerrar el ciclo del agua y los nutrientes.



**Figura 2:** Niveles del sistema para la economía circular en el sector del agua (adelphi, 2021)

## Modelos de negocio

La aplicación de enfoques de economía circular en el sector del agua tiene el potencial de crear beneficios económicos adicionales a través de:

- Ahorro de costos debido al aumento de la eficiencia de los recursos, la reducción de las tasas de eliminación/vertido, etc.
- Ingresos procedentes de oportunidades de negocio adicionales a lo largo de la cadena de valor de agua y saneamiento.

Las perspectivas de creación de nuevas oportunidades de negocio surgen en la construcción de instalaciones para la gestión circular del agua y el saneamiento, en los servicios relacionados con la explotación y el mantenimiento, el transporte y el tratamiento de los flujos de recursos. Los recursos de recuperación de los flujos de saneamiento añaden muchas más oportunidades de negocio potenciales, directas e indirectas, en la distribución, el procesamiento y la comercialización de recursos y productos (recuperados), como los biosólidos para acondicionar el suelo, los nutrientes para el uso de fertilizantes, proteínas, bioplásticos, etc. Un compendio preparado por el Instituto Internacional de Gestión del Agua ofrece una visión general de los [modelos de negocio probados para los países de ingresos bajos y medios](#). Un reciente proyecto financiado por la UE evaluó [las amplias oportunidades de negocio de las materias primas procedentes de las aguas](#) residuales, como el bioplástico, el biodiésel, el bioaceite, el biocarbón y el ácido acético.

Muchos de estos beneficios y oportunidades económicas son a largo plazo, indirectos y requieren una inversión importante. A menudo se necesitan incentivos adicionales para impulsar el cambio. Por ejemplo, los incentivos económicos, como las tarifas de alimentación para la energía generada a partir de los lodos, los subsidios para el material recuperado o la contratación pública de productos y servicios relacionados, pueden fomentar la adopción de enfoques de EC. Sin embargo, los expertos creen que los beneficios que se obtienen en la aplicación de la economía circular en el sector de agua y saneamiento no son tan elevados como, por ejemplo, los de los residuos electrónicos o plásticos.

Sin embargo, con la investigación y la innovación actual en tecnologías, procesos y modelos de negocio (véase, por ejemplo, una serie de [proyectos de innovación financiados por la UE](#) que se han puesto en marcha recientemente), así como los crecientes impulsos políticos y legales para aumentar la eficiencia de los recursos, el argumento comercial para la economía circular en agua y saneamiento puede aumentar en el futuro. Algunos incluso imaginan que los volúmenes de aguas residuales y los materiales recuperados se comercializarán como opciones de productos básicos ([véase www.wastewaterexchange.com](#)).



© Foto de StartupStockPhotos en Pixabay.

## Actores implicados

**La economía circular en el ámbito de agua y saneamiento requiere un enfoque de múltiples actores**, lo que implica la participación de los actores que gestionan, suministran y demandan agua, energía y nutrientes, así como actores a lo largo de la cadena de valor de agua y saneamiento. Esto permitirá evaluar adecuadamente los flujos de recursos pertinentes, identificar las oportunidades intersectoriales para cerrar los bucles de recursos y comprender las oportunidades y los desafíos empresariales a lo largo de las cadenas de valor pertinentes. Los actores relevantes incluyen:

- **Los servicios públicos de agua y aguas residuales** pueden suministrar una serie de productos y servicios en la economía circular de agua y saneamiento, incluyendo el tratamiento, la recuperación y el suministro de agua, energía, nutrientes, compuestos orgánicos y otros materiales contenidos en los flujos de aguas residuales.
- **Los gobiernos y las autoridades públicas** diseñan el entorno propicio para una Economía Circular, incluyendo reglamentos y normas adecuados, incentivos y normas de contratación, y también apoyan programas de sensibilización y fortalecimiento de capacidades; las unidades de planificación (urbana) desempeñan un papel importante en la provisión de una perspectiva sistémica de Economía Circular ya en la fase de planificación del desarrollo urbano y de infraestructuras o al momento de revisar el entorno de la ciudad/barrio/hogar con vistas a integrar los enfoques de la Economía Circular.
- **Las empresas y los emprendedores** (públicos y privados) proporcionan servicios de agua y saneamiento, tecnologías y otros productos para un enfoque de Economía Circular. Además, son potenciales inversionistas e impulsores de la innovación en función de sus intereses económicos.
- **Los clientes y consumidores** demandan productos y servicios relacionados con agua y saneamiento y, por ende, influyen indirectamente en el mercado y en la priorización política. También pueden actuar como defensores de enfoques más sostenibles.
- **Los actores agrícolas** son un actor clave en la Economía Circular para el agua y saneamiento, ya que suministran (por ejemplo, residuos biológicos) y demandan productos relacionados. Los agricultores son grandes compradores potenciales de productos de saneamiento, como el compost. Además, como la agricultura es uno de los mayores usuarios de agua, es probable que los enfoques de eficiencia y reutilización del agua en el sector agrícola tengan un gran impacto en los escasos recursos.
- **Las entidades financieras (públicas o privadas)** pueden apoyar tanto la demanda como la oferta de servicios y productos en una economía circular de agua y saneamiento.
- **La investigación y el desarrollo** pueden fomentar la innovación tecnológica y social.
- **El sector privado**, en general, puede desempeñar diversos papeles en un sistema de Economía Circular, ya sea como clientes o consumidores, como empresas que producen y suministran productos y servicios, o en entidades de financiamiento. Por lo tanto, la participación del sector privado en los sistemas de economía circular ofrece muchas oportunidades y puede ser una vía prometedora para fomentar la economía circular en el ámbito de agua y saneamiento. Sin embargo, como el agua y saneamiento son servicios básicos con impacto en bienes comunes como el medio ambiente y la salud pública, la participación de los actores del sector público sigue siendo fundamental.



©Gráfico de mohamed\_hassan en Pixabay

# Desafíos para la implementación exitosa de la Economía Circular en agua y saneamiento

Aunque la aplicación de los principios de la Economía Circular ofrece muchas oportunidades para el agua y saneamiento, la puesta en práctica del concepto se ve a menudo obstaculizada por el marco de la gobernanza existente y los desafíos técnicos residuales, entre ellos:

## Barreras legales e institucionales

- En varios casos, las leyes y reglamentos obstaculizan directamente la reutilización del agua y los recursos procedentes del saneamiento. Esto se complica aún más por el hecho de que los marcos jurídicos sectoriales de agua y saneamiento, la agricultura y la energía no siempre son coherentes.

## Conocimiento, aceptación y concientización

- **Falta de datos e información sobre los flujos de materiales para la planificación:** Esto impide la identificación del potencial de reutilización, la oferta y la demanda de productos y servicios relacionados con la Economía Circular.
- **Falta de capacidad humana:** La economía circular en agua y saneamiento implica procesos complejos, no solo desde el punto de vista tecnológico, sino también de gestión y gobernanza.
- **Brechas en la aceptación y concientización:** Está muy extendida la percepción de que el agua reutilizada es "sucia" y que los productos basados en lodos fecales (como el co-compost) no son seguros.

## Mercado y financiamiento

- **Necesidad de crear mercados para los productos y servicios de la Economía Circular:** Los servicios de saneamiento a menudo no están suficientemente valorados en los países en desarrollo, lo que limita el mercado de los proveedores de servicios de saneamiento.
- **Falta de financiamiento:** En muchos casos, las condiciones del mercado no permitirán recuperar todos los costos relacionados con un determinado enfoque de Economía Circular en el ámbito de agua y saneamiento, lo que requerirá un financiamiento adicional de fuentes públicas o privadas.
- **Necesidad de modelos de financiamiento innovadores:** Los esquemas de financiamiento existentes no suelen ser adecuados para financiar la Economía Circular en el sector de agua y saneamiento.

## Desafíos técnicos

- **Calidad de los efluentes y de los flujos de residuos:** se debe prestar especial atención a la regulación y el control de los niveles de contaminantes en el agua reciclada en función de su uso.
- **Costos de transporte:** Uno de los principales retos del reciclaje y la reutilización del agua para diferentes fines es el transporte del agua. El transporte del agua genera costos elevados, lo que conduce a una tendencia a cerrar el ciclo del agua en las proximidades del lugar donde se generan los efluentes.

## Tendencias e innovaciones

**Algunos de los retos y barreras persistentes para cerrar los bucles de recursos del sector de agua y saneamiento pueden superarse a través de las tendencias y desarrollos actuales en los enfoques de apoyo a la Economía Circular.**

**Las soluciones digitales pueden desempeñar un papel fundamental para cerrar eficazmente los ciclos del agua, la energía y los materiales. Algunos ejemplos son:**

- **Realidad Aumentada (RA)** para apoyar la adopción de la Economía Circular del Agua - La industria del agua está explotando la RA para acelerar la implementación de soluciones circulares. En el proyecto H2020 Nextgen, el centro de demostración de Atenas investiga la RA como herramienta para ayudar a aumentar el compromiso del público con la reutilización del agua. Este caso explora tres aspectos de la economía circular: la optimización de los usos de los recursos hídricos, la extracción de nutrientes y la generación de energía (Fuente: [kvrwater.nl](http://kvrwater.nl)).
- **El Internet de las Cosas (IoT)** puede utilizarse para mejorar el tratamiento del agua, por ejemplo, de las aguas residuales de las bodegas altamente contaminadas. La empresa Factor UTB, ubicada en el sur de Australia, utiliza redes 3G para acceder a los controles de los tanques de agua. Los tanques están equipados con sondas y sensores para detectar cambios en los niveles de alcalinidad u oxígeno y ajustar automáticamente la configuración para optimizar el tratamiento del agua. Con el apoyo del IoT, el efluente tratado adquiere una calidad adecuada para ser devuelto al medio ambiente y para fines de irrigación. (Fuente: [beveragedaily.com](http://beveragedaily.com))

### Las soluciones basadas en la naturaleza

Las soluciones basadas en la naturaleza (NBS, por sus siglas en inglés) ofrecen un gran potencial para la economía circular en el ámbito de agua y saneamiento, ya que proporcionan soluciones sostenibles para el tratamiento y almacenamiento del agua, la reutilización de nutrientes para la producción de alimentos y biomasa, a la vez que restauran y mantienen el ciclo natural del agua y la biodiversidad relacionada. Los humedales naturales y construidos, por ejemplo, pueden aplicarse para el tratamiento de aguas (residuales) al tiempo que se cultiva biomasa para la generación de energía. Las NBS también incluyen zonas verdes para la gestión eficaz de las aguas pluviales y la recarga de las aguas subterráneas y, como tales, desempeñan un papel incremental en el concepto de Ciudades Esponja (véase el estudio de caso más adelante), donde contribuyen además a la gestión del riesgo de inundaciones y a la mejora del clima urbano. Las NBS también pueden adoptarse en forma de tecnologías compactas, como en el Reactor Metabólico de Red (MNR, por sus siglas en inglés), aplicado como tecnología de tratamiento de aguas que maximiza la eficiencia de los microorganismos para aprovechar el agua limpia, la energía, los nutrientes y los minerales de las aguas residuales y los residuos orgánicos de una cervecería en Bélgica (Fuente: [www.ellenmacarthurfoundation.org](http://www.ellenmacarthurfoundation.org)). Para una revisión exhaustiva de las NBS para la gestión del agua urbana y la recuperación de recursos en las ciudades, véase [Oral et al. 2020](#) y [Kisser et al. 2020](#).

### Tecnologías sin agua.

En el ámbito de las tecnologías relacionadas con el agua, se observa una clara tendencia hacia las tecnologías sin agua y no basadas en el agua, en lugar de una tendencia hacia un mayor reciclaje del agua. Algunos ejemplos son los inodoros sin agua, las tecnologías de refrigeración sin agua o el teñido sin agua en la industria textil.

### Innovaciones en el desarrollo de productos y procesos de recuperación de recursos

Las oportunidades de negocio basadas en productos elaborados a partir de subproductos de los sistemas de agua y saneamiento, como el compost, los fertilizantes y las briquetas, son todavía limitadas. Sin embargo, se espera que la innovación en el desarrollo de productos, incluidos los bioplásticos, los gránulos de cal, las proteínas y los productos cosméticos y médicos, producidos a partir de materia orgánica, minerales y productos químicos captados de las aguas residuales y los lodos, aumenten las oportunidades de negocio en el futuro. Otro producto potencial es la información y los datos sanitarios: Las muestras y el monitoreo de los residuos humanos pueden producir valiosos datos sanitarios básicos. Un ejemplo de desarrollo de productos innovadores es la producción de proteínas a través de la mosca soldado negra, descrita en el estudio de caso que figura a continuación.

## Ejemplos de enfoques circulares innovadores

### Acuaponía en la Franja de Gaza

La acuaponía es un sistema de reparto de recursos nutritivos que consiste en el cultivo combinado de peces y plantas en sistemas cerrados de recirculación. Combina la hidroponía, es decir, la agricultura sin suelo, y la acuicultura con tres componentes biológicos: peces, plantas y bacterias. El agua de los peces se utiliza como abono para las plantas, y las plantas limpian el agua para los peces. El resultado es una producción local de valor agregado de pescado y verduras a la vez, utilizando la misma agua.



©Foto de Marsaav en Pixabay

Especialmente en zonas como Gaza, donde el acceso a tierra agrícola fértil es limitado y los recursos hídricos son escasos, la acuaponía sirve como opción de producción de alimentos principalmente debido a: 1) la utilización eficiente del agua, y 2) la fácil instalación de cada unidad de producción (peces y plantas) en cualquier plataforma urbana plana utilizando materiales locales de baja tecnología. PETRICHOR es la [primera empresa que se dedica a la acuaponía en Palestina](#). Aunque sus instalaciones son a pequeña escala, también hay [modelos a gran escala](#), como, por ejemplo, en Estados Unidos.

### Desarrollo de productos de saneamiento con la mosca soldado negra



En el proyecto FORWARD (From ORganic WAste to Recycling for Development), las larvas de la mosca soldado negra (BSF, por sus siglas en inglés) se utilizan para reciclar los residuos sólidos orgánicos urbanos, incluyendo los lodos fecales. En las instalaciones de reciclaje de residuos orgánicos a pequeña escala de Indonesia, las larvas se cultivan con éxito en los residuos y posteriormente se cosechan y se procesan como alimento para animales (para peces y aves de corral), mientras que el residuo restante se utiliza como compost.

Según eawag, las larvas son capaces de reducir el material de desecho en un 50-80 % y convertir hasta un 20 % del material de desecho en biomasa larvaria en un plazo de ±14 días. Las larvas cultivadas constituyen una excelente fuente de proteínas y su venta puede contribuir a reducir los costos de tratamiento de los residuos y a crear posibles oportunidades de ingresos a partir de los residuos orgánicos. El proyecto FORWARD, en el que participan múltiples actores, está financiado por la Secretaría de Estado para Asuntos Económicos de Suiza (SECO) en virtud de un acuerdo marco con el Ministerio de Obras Públicas y Vivienda de Indonesia y se lleva a cabo en colaboración con las autoridades nacionales y locales, investigadores y entidades del sector privado (Fuente: [Eawag](#)).

## Ciudades esponja

En las ciudades esponja se crean múltiples espacios que absorben grandes cantidades de agua y la dispersan pasivamente al entorno. Las superficies porosas y los espacios verdes capaces de retener el agua como esponjas son fundamentales. Esto puede incluir carreteras y aceras permeables, tejados verdes, humedales y vegetación natural, que absorben, infiltran, almacenan, purifican, drenan y gestionan el agua de lluvia. El reciclaje de la escorrentía imita la forma circular de la naturaleza de gestionar el agua de lluvia, ofreciendo un enfoque más limpio y holístico para las ciudades en crecimiento.



[La iniciativa china “ciudad esponja”](#) ayuda a las ciudades a absorber el agua de lluvia, reducir las inundaciones, aliviar la presión sobre los sistemas municipales de tratamiento y aumentar su suministro de agua. Wuhan es una de las ciudades esponja piloto que ha demostrado cómo puede emplearse una infraestructura adecuada de forma rápida y rentable para aumentar la resiliencia de las zonas urbanas a climas cambiantes.

El “**Trend Observatory on Water**” (Observatorio de Tendencias del Agua) de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE) tiene como objetivo informar a la RésEAU, la Red del Agua de la COSUDE, y a los actores interesados sobre las tendencias emergentes relevantes y los enfoques innovadores para la cooperación para el desarrollo en el sector del agua. Iniciado por el Programa Global Agua de la COSUDE y dirigido por adelphi, analiza cómo las principales tendencias mundiales pueden afectar a los recursos hídricos y a las prácticas de gestión en el futuro. A través de diversos formatos de comunicación y de su página web <https://hazu.swiss/deza/trend-observatory-on-water>, pretende sensibilizar sobre las oportunidades que surgen para encontrar soluciones más sostenibles, pero también sobre los riesgos y desafíos que pueden acarrear.

### Contacto:

COSUDE - Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación

Programa Global Agua

Freiburgstrasse 130, 3003 Berna

Teléfono: +41 (0)58 465 04 06

Correo electrónico de Focal Point Water: [daniel.maselli@eda.admin.ch](mailto:daniel.maselli@eda.admin.ch)



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development  
and Cooperation SDC

SDC Network

