

Ficha
informativa



**WATER
PROOF**

Tratamiento de aguas residuales

¿Cómo crear una Economía Circular del Agua?



¿Qué son las aguas residuales y por qué hay que ser tratadas?

Las aguas residuales son las aguas utilizadas y contaminadas por actividades humanas. Estas actividades incluyen todo desde los efluentes domésticos, como el agua del baño, el agua de la vajilla y las cisternas de los inodoros, hasta los efluentes industriales y agrícolas. En la Unión Europea, se generan diariamente 544,4 millones habitantes equivalente (h-e) de aguas residuales. Esta cantidad equivale a unos 1087 millones de bañeras.¹ Para evitar la contaminación del medio ambiente, las aguas residuales urbanas deben tratarse antes de verterse.

El tratamiento de las aguas residuales tiene lugar en instalaciones especializadas conocidas como depuradoras o plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Suelen estar situadas cerca de las zonas urbanas, para tratar las aguas residuales generadas por la población circundante. Los gobiernos locales o regionales, como los departamentos municipales de aguas, suelen encargarse del tratamiento de las aguas residuales. En algunos casos, se contrata a empresas privadas para gestionar estas plantas.

Tienen que seguir las normas y directrices que establecen los organismos reguladores a nivel estatal o nacional. En la Unión Europea, la Directiva sobre el Tratamiento de las Aguas Residuales Urbanas (UWWTD)² regula cómo se recogen las aguas residuales y cómo deben tratarse. Aunque siguen existiendo diferencias en la eficacia del tratamiento de las aguas residuales entre los distintos países europeos, en la UE ya trata el 82% de las aguas residuales de acuerdo con esta normativa¹.

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso complejo que implica diferentes etapas de depuración (véase el cuadro informativo 1) para purificarlas antes de reutilizarlas o devolverlas a las masas de agua naturales. Durante el proceso de depuración se obtiene un subproducto sólido formado por las partículas sólidas presentes en las aguas residuales y por la biomasa producida en el propio proceso de depuración biológica.

Este subproducto sólido, o **lodo**, puede ser tratado posteriormente mediante digestión, para convertir parcialmente el contenido orgánico en biogás. A continuación, el biogás puede utilizarse como fuente de energía (local) o, tras un tratamiento posterior, suministrarse a la red de gas. El lodo restante contiene una mezcla de carbono y materiales ricos en nutrientes, con pequeñas cantidades de metales (preciosos) como zinc, cobalto, cobre, oro, plata, platino, paladio y rodio.

Estos metales preciosos entran en las corrientes de aguas residuales urbanas cuando los productos que contienen metales, como los catalizadores de los automóviles, los materiales metálicos de los tejados, los alimentos y aditivos alimentarios, los cosméticos (maquillaje) y los productos médicos, se utilizan y se vierten en los desagües, por ejemplo, por el agua de lluvia o el lavado rutinario.

El tratamiento de las aguas residuales es un proceso crucial para:

- eliminar los contaminantes de las aguas residuales y los efluentes industriales, garantizando la protección de la salud humana y animal y del medio ambiente, por ejemplo, impidiendo que sean nocivos, por ejemplo, evitando la proliferación de algas nocivas o tóxicas.
- obtener agua potable limpia.
- recuperar recursos para su reutilización.





¿Qué retos necesitan ser abordados para hacer sostenible el tratamiento de las aguas residuales?

En la UE, las depuradoras de aguas residuales, al igual que otras plantas industriales, están sometidas a presiones para ser más sostenibles y rentables. Cuando se hace correctamente, el tratamiento de aguas residuales es caro y consume mucha energía. Además, cada vez es más necesario avanzar en los métodos de tratamiento, ya que cada vez surgen más retos que complican la correcta gestión de los lodos y contaminantes de las aguas residuales. Por lo tanto, es necesario identificar las brechas y los cuellos de botella para poner en marcha medidas de adaptación.

Los retos que hay que afrontar para un tratamiento de las aguas residuales sostenible y rentable son:

El aumento del consumo de agua dulce y la generación de aguas residuales

La creciente concentración de empresas y personas debido a la urbanización genera más aguas residuales domésticas, industriales y comerciales. Además, a medida que crecen las industrias y surgen otras nuevas, contribuyen significativamente al volumen de aguas residuales. El cambio climático provoca fenómenos meteorológicos extremos que provocan el desbordamiento y la dilución de las balsas de tratamiento de aguas residuales, lo que aumenta su volumen. Por último, pero no por ello menos importante, los estilos de vida y las tecnologías modernas suelen implicar un mayor consumo de agua en actividades como el lavado, el riego y la refrigeración.

Emisiones elevadas

Las plantas de tratamiento de aguas residuales son grandes emisoras de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero. El mayor volumen de gases de efecto invernadero (sobre todo óxido nítrico, N₂O, seguido de CO₂) se forma al convertir el carbono presente en las aguas residuales en biomasa (lodos). Además, el tratamiento de las aguas residuales requiere mucha energía. Esta energía suele proceder de la quema de combustibles fósiles que liberan CO₂.

Pérdida de recursos valiosos

como los metales preciosos, debido a tecnologías de recuperación insuficientes que, además, suelen ser perjudiciales para el medio ambiente.

Volúmenes crecientes de contaminantes persistentes y emergentes en el medio ambiente:

Productos de cuidado personal, productos farmacéuticos, pesticidas antiguos y nuevos, algas nocivas, per- y poli-fluoroalquilos (PFAS)³, y los microplásticos se encuentran cada vez más en las aguas residuales y pueden ser difíciles de eliminar con las metodologías de tratamiento convencionales. Por ello, es indispensable desarrollar y aplicar tecnologías de tratamiento avanzadas.

Escepticismo del público en general hacia

- nuevas tecnologías que podrían considerarse experimentales, demasiado caras en cuanto a construcción y mantenimiento, y que podrían aumentar la factura del agua, o afectar a las comunidades por el ruido y los olores.
- Los productos derivados de los lodos de las aguas residuales (véase el recuadro informativo 2), o del CO₂ procedente de las emisiones de las plantas industriales podrían suscitar inquietud por los posibles riesgos para la salud.

Soluciones que ofrece el proyecto WaterProof

El proyecto de investigación WaterProof (Urban Waste and water Treatment Emission Reduction by utilizing CO₂ for the PROduction Of Formate derived chemicals), financiado por la UE, tiene como objetivo desarrollar un proceso electroquímico que convierta las emisiones de CO₂ captadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales en ácido fórmico para su uso en valiosos productos de consumo ecológicos, como detergentes de limpieza y para el curtido de pieles (de pescado).

Además, el enfoque WaterProof ofrece varias soluciones para colmar las lagunas de los actuales procesos de tratamiento de aguas residuales:

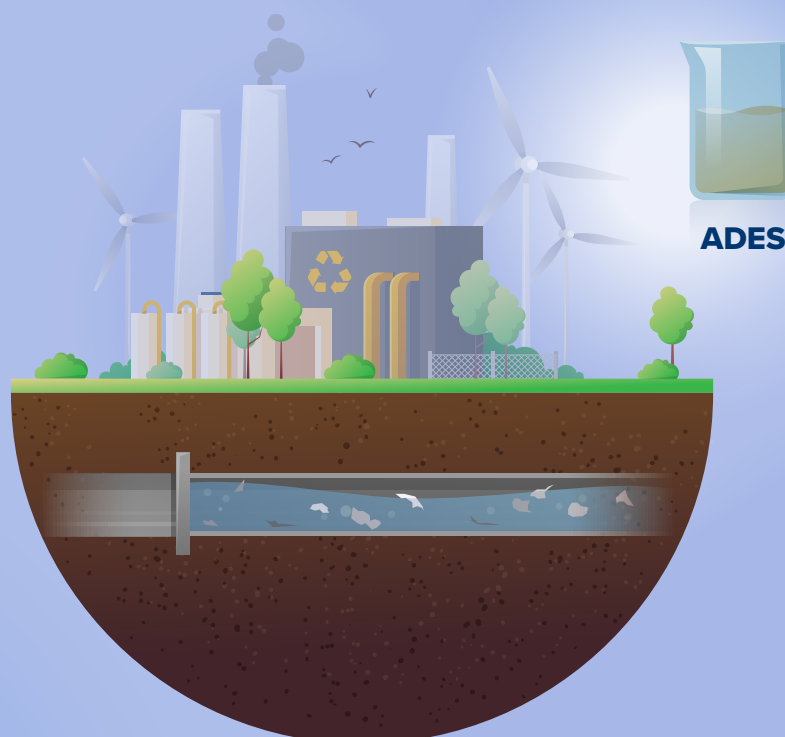
- Utilizar **fuentes de energía renovables** para hacer funcionar el tratamiento de aguas residuales. Por ejemplo, al **sustituir los combustibles fósiles** por biogás o madera B procedente de las estaciones de reciclaje regionales y de los residuos de la industria de la construcción, se evita el consumo adicional de carbono fósil. En cambio, al capturar CO₂ directamente de la planta de tratamiento de aguas residuales y utilizarlo para bienes de consumo valiosos, el carbono renovable se mantiene en el bucle apoyando la **economía circular de la UE**.
- Las emisiones de CO₂ capturadas y convertidas sirven como fuente de **materia prima renovable que sustituye al carbono fósil** que se utiliza para la producción de productos químicos y bienes de consumo contribuyendo a un **ciclo de agua limpia con cero emisiones**.

Dado que el CO₂ se utiliza como gas purificado, los consumidores no tienen que preocuparse por los contaminantes contenidos en las aguas residuales no tratadas o en los lodos de depuradora.

- El ácido fórmico derivado de las emisiones de CO₂ capturadas se utiliza para generar **disolventes ácidos eutécticos profundos (ADES)**. Estos productos químicos pueden aplicarse **para recuperar metales preciosos** a partir de lodos de aguas residuales y cenizas de incineración. Además, su uso puede **mejorar el impacto ambiental** de la recuperación de metales al sustituir a los ácidos minerales aplicados actualmente y al necesitar menos energía debido a las menores temperaturas de reacción⁴.
- Otros productos de la conversión electroquímica de CO₂ en ácido fórmico son **peróxidos** que pueden aplicarse para **degradar contaminantes orgánicos persistentes**⁵ como fármacos, antibióticos, pesticidas o algas nocivas en aguas residuales o lodos de depuradora.

WaterProof pretende informar de forma concisa **al público en general** sobre el impacto medioambiental de las tecnologías WaterProof. Además, se implicará a los consumidores para medir la **percepción social y la aceptación** de los procesos y productos WaterProof. Para aumentar la conciencia medioambiental hacia un consumo más ecológico y consciente, WaterProof formulará **recomendaciones para la comunicación y el compromiso público**.

Además, se evaluará la posibilidad de transferir la tecnología WaterProof a diferentes economías en desarrollo, como Colombia, que actualmente carecen de medios eficientes y sostenibles para convertir el CO₂ procedente del tratamiento de aguas residuales en valiosos productos químicos.





Conclusión

La integración de las soluciones tecnológicas innovadoras de WaterProof puede mejorar significativamente la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas de tratamiento de aguas residuales cerrando el ciclo del carbono de las aguas residuales, reduciendo las emisiones de CO₂ y pasando de las fuentes de carbono fósiles a las renovables. De este modo, el tratamiento de las aguas residuales pasa de ser un sistema de eliminación a una solución para la recuperación y el aprovechamiento de nuevos recursos renovables. El uso de tecnologías avanzadas en el tratamiento de aguas residuales apoya la economía circular y la independencia de la Unión Europea de los recursos fósiles y de terceros países. Además, la elaboración de aguas residuales para alcanzar los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS)⁶ de las Naciones Unidas, especialmente “Buena salud y bienestar” (ODS3), “Agua limpia y saneamiento” (ODS6), “Ciudades y comunidades sostenibles” (ODS11) y “Vida bajo el agua” (ODS14). De este modo, el tratamiento circular de las aguas residuales no solo mejora la sostenibilidad y la estabilidad económica, sino que también contribuye a una sociedad más resiliente e independiente.

Selección de legislación pertinente en la UE

- La Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) establece un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas, y su objetivo es lograr un “buen estado” de todas las aguas de la UE en un plazo determinado.
- La Directiva (UE) 2020/2184 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (Directiva sobre el agua potable) establece normas de calidad del agua potable para proteger la salud humana. Incluye disposiciones sobre el control y la notificación de la calidad del agua potable.
- La Directiva 2006/118/CE relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro complementa la Directiva Marco del Agua al establecer medidas específicas para prevenir y controlar la contaminación de las aguas subterráneas.
- La Directiva sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (91/271/CEE) tiene por objeto proteger el medio ambiente de los efectos adversos de los vertidos de aguas residuales urbanas y de determinados sectores industriales, y exige a los Estados miembros que garanticen que las zonas urbanas dispongan de sistemas de recogida y tratamiento de aguas residuales.
- La Directiva sobre lodos de depuradora (86/278/CEE) regula el uso de lodos de depuradora en la agricultura para evitar efectos nocivos en el suelo, la vegetación, los animales y las personas, y establece requisitos sobre la calidad de los lodos y los índices de aplicación.
- La Directiva 2008/105/CE relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas establece límites de determinados contaminantes en las aguas superficiales y pretende reducir los niveles de sustancias peligrosas en las masas de agua.
- La Directiva sobre emisiones industriales (2010/75/UE) regula las emisiones contaminantes de las instalaciones industriales, incluidos los vertidos de aguas residuales.

Recuadro 1: Diferentes etapas del proceso para el tratamiento de aguas residuales⁷

Tratamiento primario: Etapa mecánica

Eliminación física de residuos, aceite/grasa, sólidos de desecho y partículas pesadas (por ejemplo, arena, grava) con cribado y filtros, seguida de una etapa de sedimentación en la que las partículas más pesadas se precipitan en el suelo. El agua residual por encima de estas partículas sedimentadas/lodos primarios se transfiere al tratamiento biológico.

Tratamiento secundario: Etapa biológica

Utilización de microorganismos como las bacterias para degradar y eliminar la materia orgánica disuelta y en suspensión y los contaminantes del agua mediante el uso de tanques aireados o lagunas de oxidación y la luz solar.

Tratamiento terciario: Etapa físico-química

Uso de productos químicos para eliminar contaminantes y desinfectar el agua tratada. Los procesos más comunes son la coagulación y la floculación, en los que se añaden productos químicos como sales de aluminio o hierro para agregar partículas finas y formar flóculos más grandes que puedan separarse fácilmente. Los tratamientos químicos avanzados también incluyen la recuperación de metales y la eliminación de nutrientes para eliminar el exceso de nitrógeno y fósforo, evitando la eutrofización aguas abajo de las masas de agua. Por último, se utilizan procesos de desinfección para eliminar microorganismos patógenos o tóxicos, garantizando que el agua tratada sea segura para su vertido o reutilización.

Cuarta etapa de tratamiento

Dado que los ingredientes de los productos químicos domésticos, farmacéuticos, pesticidas y sustancias industriales no pueden eliminarse completamente durante las tres etapas de tratamiento convencionales, cada vez será más necesaria una cuarta etapa. Entre las técnicas que ya están siendo aplicadas figuran la ozonización, la irradiación con luz ultravioleta, la absorción, por ejemplo, con carbón activado, y la nanofiltración. Muchos de estos procesos son costosos o están aún en fase de prueba. En cada una de estas etapas de tratamiento de las aguas residuales se recogen, combinan y concentran los lodos que contienen materiales orgánicos e inorgánicos. Las plantas de tratamiento de aguas residuales pueden diferir en los métodos aplicados y en el número de etapas de tratamiento.

Recuadro 2: ¿Qué ocurre con lodos de aguas residuales?

En Europa se producen anualmente más de 8.800 kilotoneladas de lodos de aguas residuales. Las cantidades difieren enormemente entre los distintos países europeos⁸. Esto se debe a las diferencias en los volúmenes de aguas residuales producidas, así como a las diferencias en la eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Los lodos de depuradora suelen incinerarse para producir energía o reducir su volumen, ya que las cenizas de incineración son más fáciles de manipular y eliminar para los lodos de aguas residuales:

- Los lodos pueden utilizarse como abono rico en nutrientes o acondicionador del suelo en agricultura y jardinería.
- Los lodos pueden procesarse en digestores anaerobios para producir biogás, que puede utilizarse para generar electricidad y calor renovables y calor renovables.
- Los lodos pueden utilizarse en la producción de materiales de construcción, como ladrillos, cemento y tejas.
- Los lodos pueden utilizarse para la producción de bioplásticos: Los lodos de aguas residuales contienen materia orgánica que puede servir de alimento a determinadas bacterias. En condiciones controladas, estas bacterias convierten la materia orgánica en biopolímeros que pueden utilizarse para la producción de bioplásticos. Este proceso no sólo proporciona una forma sostenible de gestionar los lodos de aguas residuales, sino que también crea un material valioso, libre de fósiles y sostenible que contribuye a la economía circular.

Referencias

1 <https://water.europa.eu/freshwater/countries/uwwt/european-union>

2 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31991L0271>

3 PFAS are a large class of thousands of chemicals that are used throughout society. However, they are increasingly detected as persistent and accumulating environmental pollutants and some are linked to negative effects on human health. <https://echa.europa.eu/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas>

4 <https://www.mdpi.com/2673-4079/1/3/16>

5 Devi, P., Das, U., & Dalai, A. K. (2016). In-situ chemical oxidation: principle and applications of peroxide and persulfate treatments in wastewater systems. *Science of the Total Environment*, 571, 643-657.

6 <https://sdgs.un.org/goals>

7 https://www.geo.fu-berlin.de/en/v/iwrm/Implementation/technical_measures/Wastewater-treatment/Off-site-treatment/Sewage-Treatment-Plants/Primary-Treatment/index.html

8 <https://www.statista.com/statistics/1393771/sewage-sludge-generation-europe/>



Financiado por
la Unión Europea