



Nutrientes y gestión de las aguas residuales

Esta nota informativa sobre los nutrientes y la gestión de las aguas residuales resume la forma en la que se gestionan actualmente los nutrientes en las aguas residuales y aporta ideas sobre el futuro del tratamiento de los nutrientes en el ámbito de la gestión de las aguas residuales.



Las alternativas para la recuperación de nutrientes deben tener en cuenta los mercados y las necesidades a escala local. Para establecer una economía circular, es esencial crear impulso en el mercado, mediante, por ejemplo, un Reglamento revisado sobre productos fertilizantes.

Existen múltiples posibilidades para la recuperación y reutilización de los nutrientes contenidos en las aguas

residuales. Para aumentar el reciclaje de nutrientes a partir de las aguas residuales, es fundamental establecer a escala comunitaria criterios para determinar cuándo un residuo deja de serlo, aplicables a los productos de calidad que se recuperan en las estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR).

De cara al futuro, los requisitos relativos a los nutrientes no deben establecerse en función de lo que es viable desde el punto de vista técnico, sino de lo que es sostenible económica y medioambientalmente, al tiempo que garantiza la asequibilidad de los servicios de aguas residuales.





Esta nota informativa de EurEau acerca de los nutrientes y la gestión de las aguas residuales tiene dos propósitos:

1. Resumir cómo se lleva a cabo actualmente el proceso de gestión de los nutrientes contenidos en las aguas residuales, es decir, la práctica que han establecido los operadores de aguas residuales en toda Europa; y
2. Proponer ideas sobre el futuro del manejo de los nutrientes dentro del ámbito de la gestión de las aguas residuales.

1. Los nutrientes y el ciclo de vida

Los nutrientes son esenciales para la vida. Todos los procesos biológicos se sirven de los tres nutrientes principales: el nitrógeno (**N**), el fósforo (**P**) y el potasio (**K**)¹. Los ciclos de nutrientes transportan los nutrientes de los seres vivos al agua, aire, suelo y, de nuevo, de estos últimos a los organismos vivos. Todos los organismos vivos, incluidos los seres humanos y su cadena alimentaria, dependen de los ciclos de nutrientes.

2. La gestión de los nutrientes es un elemento fundamental de la depuración de las aguas residuales

Todos los seres vivos excretan residuos, incluidos los seres humanos. Nuestros desechos corporales (orina y heces) contienen los nutrientes N y P. Cada año, cada uno de nosotros genera aproximadamente 4 kg de N y 0,5 kg de P² en forma de orina y heces.

El tratamiento básico de las aguas residuales consiste en reducir los sólidos en suspensión (carbono) y las sustancias que aumentan la demanda de oxígeno y que descargamos al medio ambiente, así como en preservar las masas de agua susceptibles y sensibles frente a los efectos del exceso de nutrientes procedentes de las personas, todo ello con la intención de proteger el medio ambiente. La recogida y depuración de las aguas residuales se han convertido en el modo de lograr este objetivo. Por lo tanto, puede observarse que la gestión de los nutrientes es un elemento fundamental en todas las actividades de depuración de aguas residuales.

3. Exceso de nutrientes en el medio hídrico

Un exceso de nutrientes en el medio hídrico puede provocar un crecimiento vegetal acelerado, que a su vez consume el oxígeno vital de estos sistemas, lo que ocasiona consecuencias adversas significativas a corto y largo plazo. Esto puede ocurrir tanto en las aguas dulces como en las marinas y puede impedir que estas alcancen su estado deseado o previsto.

No todas las aguas receptoras muestran la misma tolerancia a los nutrientes. Las aguas marinas difieren de las dulces y las aguas estancadas (lagos) no son iguales a las aguas corrientes (ríos).

¹ El potasio (K) es un nutriente esencial para la vida, pero no se considera que esté asociado a la contaminación o a la eutrofización, por lo que no se analiza ni incluye en esta nota informativa.

² Dr. Steven A Esrey, UNICEF, octubre de 1990, a partir de numerosos trabajos científicos.



Cuando el medio hídrico se encuentra sometido a presión debido a un enriquecimiento de nutrientes desmesurado (eutrofización), las consecuencias pueden ser la aceleración del crecimiento vegetal, la reducción del oxígeno disuelto en las aguas y la proliferación de algas; todas estas puede a su vez reducir drásticamente el valor ecológico de dichos medios hídricos. En estos casos, se precisan mejoras y resulta necesario comprender la naturaleza específica de los problemas derivados de un exceso de nutrientes y entender las necesidades de las aguas receptoras, para propiciar la recuperación de los sistemas ecológicos. De este modo, es posible identificar la solución adecuada para las aguas receptoras, en términos de futuras concentraciones de nutrientes.

Debe tenerse en cuenta que los efluentes de las aguas residuales depuradas no son la única fuente de los nutrientes que llegan al medio hídrico. La otra fuente significativa es la agricultura (la actividad agrícola, debido al uso de fertilizantes nitrogenados y fosforados, y los residuos de la ganadería y la piscicultura). Además, existen otras fuentes menores, como las aguas residuales no tratadas (por ejemplo, las procedentes de los desbordamientos de sistemas unitarios o DSU (CSO, por sus siglas en inglés)), las aguas residuales industriales y la deposición atmosférica de nitrógeno. Este documento no indaga en estos factores que contribuyen a la gestión de los nutrientes. Sin embargo, esta combinación de aportes de nutrientes es la razón por la que la adopción de un "enfoque único" respecto de la gestión de los nutrientes en el medio hídrico es compleja.

4. La depuración de aguas residuales y la captura de nutrientes

La recogida y depuración de las aguas residuales posibilita que los nutrientes se recuperen, procedentes de los habitantes de núcleos de población, así como el retorno seguro de las aguas depuradas al medio ambiente.

En general, las aguas residuales se recogen en los sistemas de alcantarillado y se transportan hasta las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). Las rejillas de desbaste retienen los residuos sólidos (que a menudo incluyen materiales que se desechan de forma indebida en los sistemas de alcantarillado, como toallitas húmedas, colillas, envases de alimentos, etc.). El tratamiento primario sedimenta el material particulado y las partículas de mayor tamaño.

Los procesos de tratamiento biológico posteriores, como los de lodos activados o la filtración biológica, reducen de forma significativa la presencia de N en las aguas residuales (esto se da en combinación con la eliminación de carbono). El contenido de P en las aguas residuales se reduce mediante la eliminación biológica o la precipitación química. Algunos de estos procesos de tratamiento conllevan un alto consumo energético y/o requieren el uso de insumos químicos (el alcance de la demanda de energía y sustancias químicas necesarias para la eliminación del N depende en gran medida de las condiciones de proceso). La selección de las tecnologías que se utilizan para la eliminación de nutrientes en una EDAR particular se basa en el objetivo de reducción de la carga o en la concentración final que dicha EDAR debe alcanzar.

Respecto de la recuperación del N de las aguas residuales, esta se produce debido a que el N permanece en los lodos biológicos tras el tratamiento secundario o a que este se emite a la



atmósfera en forma de gas nitrógeno u óxido nítrico, N_2O (si bien, se estima que este compuesto representa un porcentaje muy bajo de las emisiones totales a la atmósfera).

En el caso de la recuperación del P de las aguas residuales, este acaba principalmente en los lodos biológicos, en forma de fango químico semisólido o como un compuesto cristalizado denominado estruvita.

5. El contexto normativo de la UE en materia de nutrientes y aguas residuales

La actual Directiva 91/271/CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas (Directiva TARU) establece el marco jurídico para la gestión de nutrientes y la depuración de aguas residuales a escala comunitaria.

En esencia, la Directiva TARU fija objetivos³ relativos a la eliminación de N y P, para limitar las concentraciones de estos nutrientes y/o contribuir a la eliminación de su carga en los efluentes tratados finales respecto de las poblaciones superiores a 10 000 h-e y los vertidos en zonas sensibles.

El planteamiento actual ha resultado efectivo a la hora de asegurar la igualdad de condiciones para todos los miembros de la Unión Europea respecto de la recogida y depuración de las aguas residuales y ha dado lugar a una disminución de los nutrientes que llegan al medio hídrico provenientes de las ciudades. Sin embargo, aún existen carencias en cuanto al cumplimiento⁴ que deben subsanarse en lo que respecta a la plena satisfacción de los requisitos establecidos en la Directiva TARU en relación con la gestión de nutrientes.

En la Directiva TARU actual, el control de los nutrientes se dispone en torno a los conceptos de **zonas sensibles** y **zonas menos sensibles**. La determinación de las zonas sensibles se dispone en el Anexo II de la Directiva, en el que se incluyen las normas relativas a los nutrientes presentes en los efluentes tratados finales para las zonas sensibles. La designación de zonas menos sensibles también puede aplicarse a ciertas aguas marinas, aunque, en la práctica, se designan pocas zonas menos sensibles.

Cabe señalar que la Directiva TARU vigente establece normas uniformes en relación con los nutrientes. La Directiva TARU no tiene en cuenta el grado de eliminación de los nutrientes necesario para proteger o mejorar la calidad de las aguas receptoras. La versión actual de esta directiva tampoco armoniza los requerimientos relativos a la eliminación de los nutrientes con los de otras fuentes (por ejemplo, la agricultura). Estos dos aspectos implican que es posible que la inversión en la eliminación de nutrientes en las EDAR de toda Europa esté generando beneficios limitados para el medio hídrico, o que no se estén aprovechando ciertas oportunidades de mejora. Por lo tanto, una interacción con la Directiva marco del agua reviste suma importancia, para afinar la necesidad de reducir aún más la presencia de nutrientes.

³ Directiva 91/271/CEE sobre la captación y el tratamiento de las aguas residuales urbanas, Anexo I, cuadro 2.

⁴ Décimo informe sobre el [estado de ejecución](#) de la Directiva TARU, septiembre de 2020.



6. ¿Cuáles son los hitos actuales de los operadores de aguas residuales respecto de la gestión de nutrientes?

Los miembros de EurEau han intercambiado experiencias operativas sobre la depuración de aguas residuales y la recuperación/eliminación de nutrientes. El balance de estas experiencias es que múltiples miembros de EurEau ya trabajan para alcanzar una combinación de los objetivos de la Directiva marco del agua (DMA) y de la Directiva marco sobre estrategia marina (DMEM), además de los de la Directiva TARU, cuando se establecen las normas relativas a los efluentes tratados finales para un permiso de EDAR.

Los objetivos asociados a la determinación de zonas sensibles son diversos; entre estos se encuentran: la protección de las aguas frente a la eutrofización, la protección de las aguas subterráneas para la producción de agua potable y la protección de determinados medios marinos, por ejemplo, el Mar Báltico. A veces, los operadores de aguas residuales desconocen los motivos específicos tras la designación de zonas sensibles. La gestión de los nutrientes también puede ser parte de los requisitos para alcanzar el objetivo de un buen estado de las aguas, tal y como se dispone en la DMA.

Los operadores de aguas residuales tienen en cuenta tanto el N como el P.

Si bien la Directiva TARU establece normas para el N y el P, los operadores realizan su función atendiendo a una serie de normas y tienen en cuenta las condiciones medioambientales a escala local. El nitrógeno total (N total) y el fósforo total (P total) no siempre se utilizan como parámetros únicos, sino que a veces se aplican en combinación con requisitos relativos al amoníaco⁵ o a otras presentaciones del fósforo.

Los datos proporcionados por los miembros de EurEau muestran que, en estos momentos, algunos operadores suministran sus servicios de tratamiento acogiéndose a unas normas más estrictas en cuanto a la eliminación de N y P que las requeridas actualmente por la Directiva TARU. Esto puede deberse, en parte, a que se busque garantizar el cumplimiento de los objetivos en las EDAR o alcanzar niveles más altos de protección del medio ambiente, en virtud de otras legislaciones.

La experiencia de los miembros de EurEau indica que los controles del P son el vector tras la adopción de unos requisitos de tratamiento más avanzados.

Cada día, las EDAR experimentan variaciones de caudales y cargas, así como otros cambios estacionales, como qué zonas presentan importantes problemas de infiltración en el sistema de alcantarillado, la temperatura o las poblaciones turísticas numerosas. Además, las cargas vertidas al alcantarillado procedentes de las actividades industriales pueden variar considerablemente. Estas variaciones modifican la carga de nutrientes que llega a las EDAR cada día. Las cargas de nutrientes que se recuperan⁶ en las EDAR y se desvían lejos del medio hídrico son significativas. Esto se consigue gracias al uso de energía y de una serie de

⁵ El amoníaco (que consiste en una parte de nitrógeno (N) y tres partes de hidrógeno (H)) es una sustancia altamente tóxica para los peces.

⁶ A modo de ejemplo, se calcula que en la Región de Flandes (Bélgica), la eliminación anual de N y de P es de 23 Mt y 3,2 Mt, respectivamente.



tecnologías de depuración.

Los miembros de EurEau señalan que la eliminación de nutrientes en las instalaciones de depuración de aguas residuales requiere una gran cantidad de recursos (materiales de instalación, energía y uso de productos químicos). Por lo tanto, a fin de utilizar los escasos recursos disponibles con la mayor eficacia posible, es necesario focalizar las mejoras adicionales del tratamiento en aquellas áreas en las que aporten un mayor beneficio.

En resumen, los operadores de aguas residuales han desarrollado una gran especialización en el ámbito de la recuperación y eliminación de los nutrientes presentes en las aguas residuales. Parte del N y del P se recuperan de los lodos que se generan durante el proceso de depuración. Es posible que parte del P se precipite durante el tratamiento. El N se libera a la atmósfera en forma de gas nitrógeno o forma N₂O y, como tal, se escapa a la atmósfera (emisiones fugitivas).

7. Más allá del ámbito de aplicación de la Directiva TARU vigente

EurEau señala que la actual Directiva TARU no tiene en cuenta las diferentes capacidades de asimilación que presentan las distintas aguas receptoras, por lo que, por sí sola, esta directiva no ofrecerá resultados específicos para el medio hídrico.

Si se desea obtener resultados medioambientales concretos, las necesidades del medio hídrico pasan a ser un elemento central de las consideraciones. Los miembros de EurEau consideran que todavía existe margen para poner en mejor consonancia los requisitos de la Directiva TARU con las disposiciones de otras directivas, como la **Directiva marco del agua (DMA)** y la **Directiva marco sobre estrategia marina (DMEM)**, cuando se requieran mejoras medioambientales específicas. Sugerimos que se estudien estas ideas en el marco de la próxima evaluación de impactos de la Directiva TARU, prevista para finales de 2021.

Además, la Directiva TARU actual aborda únicamente el establecimiento de normas para la liberación de nutrientes al medio acuático, al tiempo que fomenta el reciclaje de los lodos procedentes de la depuración de las aguas residuales. La Directiva TARU no presta atención explícita a las emisiones a la atmósfera⁷, ni establece aspectos específicos relativos a la recuperación y reutilización de nutrientes. En este sentido, la Directiva TARU no representa plenamente los ciclos naturales de nutrientes.

De cara al futuro, EurEau sugiere que se implemente un enfoque más amplio respecto de la gestión de los nutrientes.

Los nutrientes son esenciales para la vida y la gestión de los mismos es y debe seguir siendo un elemento central de los procesos de depuración de las aguas residuales. El sector de las aguas residuales constituye un mecanismo de control para gestionar el N y el P procedentes de las personas y proteger el medio hídrico frente a la eutrofización. Ya se han realizado

⁷ Si bien la Directiva TARU no promulga requisitos, algunos países han conseguido que sus propuestas prosperen; por ejemplo, en Dinamarca se elaboró un Plan nacional de energía y clima en 2020. Este plan contempla una reducción de las emisiones de N₂O para las EDAR que sirven a más de 30 000 h-e (aún no se ha tomado ninguna decisión sobre si se adoptarán normas de emisiones).



inversiones colosales para lograr implementar los controles de N y P aplicados actualmente; no obstante, EurEau reconoce que existen carencias en cuanto al cumplimiento que deben subsanarse.

Sobre la base de los éxitos logrados gracias a la Directiva TARU, que protege el medio hídrico, EurEau es partidaria de un enfoque más amplio respecto de la gestión del N y el P englobada en el ciclo de las aguas residuales, que tenga en cuenta el destino final de los nutrientes en los suelos, el agua y el aire, además de considerar las cargas de entrada que se reciben en las EDAR. EurEau opina que este enfoque es necesario para garantizar que los nutrientes se gestionan a la vez que también se tienen en consideración los objetivos referentes al cambio climático y la economía circular.

La protección del medio hídrico frente a las cargas excesivas de nutrientes puede precisar un planteamiento más estricto, pero este debe focalizarse en las áreas donde sea necesario, debido a los elevados costes y uso de recursos que conlleva la gestión de nutrientes.

Los miembros de EurEau consideran que todavía existe margen para poner en mejor consonancia las disposiciones relativas a las zonas sensibles y a las zonas menos sensibles con las de otras directivas, como la DMA o la DMEM, en las que las necesidades de las aguas receptoras ocupan un lugar central. Además, la Directiva sobre nitratos puede desempeñar un papel importante. Sugerimos que se estudie esta posibilidad en el marco de la próxima evaluación de impactos de la Directiva TARU.

EurEau quiere subrayar que se utiliza una amplia terminología para hablar de la gestión de los nutrientes en el medio hídrico, por ejemplo, porcentaje (%) de eliminación de la carga y concentraciones (mg/l). Existen soluciones basadas en resultados y soluciones que se centran en la eliminación de cargas. Subrayamos que es preciso definir qué se quiere conseguir con la gestión de los nutrientes para poder así seleccionar los objetivos adecuados.

La recuperación y reutilización de los nutrientes ya se prevé actualmente dentro de la Economía Circular, hecho que EurEau acoge favorablemente. Es probable que se requieran nuevas colaboraciones y modelos de negocio para garantizar que los nutrientes formen parte de la Economía Circular y que su recuperación no se adscriba al principio de "quien contamina paga".

En la actualidad, el carbono y los nutrientes procedentes de las aguas residuales se recuperan principalmente mediante la aplicación de biosólidos en la agricultura (50% de la producción de lodos de depuración en Europa), o en el recultivo o la rehabilitación de los suelos (12%). **Dada esta situación, la Directiva sobre la utilización de los lodos de depuradora debe considerarse como parte de un planteamiento más amplio para la gestión de los nutrientes, ya que este enfoque garantiza que los nutrientes vuelvan a los suelos agrícolas.**

En cuanto a las tecnologías específicas de recuperación del P que ya se aplican en algunos lugares, los índices de recuperación varían considerablemente, de alrededor del 15-40% en el caso de la estruvita recuperada a partir de los efluentes de los tratamientos de fangos o de los lodos digeridos en las estaciones que estén equipadas con tecnologías mejoradas de



eliminación biológica del fósforo, hasta el 80-90% en el caso de las cenizas procedentes de la incineración de los lodos de depuración en las estaciones destinadas a la eliminación del P. EurEau considera que deben fomentarse nuevos mercados para el N y el P recuperados, ya que la inversión en tecnologías de recuperación de los recursos es importante.

Los miembros de EurEau reconocen que, según las necesidades agrícolas y la calidad de los lodos, la aplicación de estos últimos en los suelos no siempre es posible o aceptable como medio de recuperación de los nutrientes. En algunos países se prioriza la incineración de los lodos de las EDAR, pero en el caso de esta opción es necesario tener en cuenta los costes de inversión y las emisiones de gases de efecto invernadero. Si se opta por la incineración, el P puede recuperarse a partir de las cenizas.

Las alternativas para la recuperación de nutrientes deben tener en cuenta los mercados y las necesidades a escala local. Para establecer una economía circular, es esencial crear tracción en el mercado. Esto podría lograrse, por ejemplo, mediante la adopción de un Reglamento sobre productos fertilizantes a escala de la UE, en el que se estipule la obligación de incorporar una determinada proporción del P y N recuperados en todos los fertilizantes minerales de la UE; este sistema sería muy parecido al que establece la inclusión obligatoria de etanol en una proporción del 5% en la gasolina que se vende en la UE.

Existen múltiples posibilidades para la recuperación y reutilización de los nutrientes contenidos en las aguas residuales. En los casos en los que los materiales se consideran residuos, es fundamental establecer a escala comunitaria criterios para determinar cuándo un residuo deja de serlo aplicables a los productos de calidad que se recuperan en las EDAR, para aumentar así el reciclaje de nutrientes a partir de las aguas residuales.

De cara al futuro, los requisitos relativos a los nutrientes no deben establecerse en función de lo que es viable desde el punto de vista técnico, sino de lo que es sostenible económica y medioambientalmente, al tiempo que garantiza la asequibilidad de los servicios de aguas residuales.

Sobre EurEau

EurEau es la voz del sector del agua en Europa. Representamos a los operadores de agua potable y de aguas residuales de 29 países de Europa, tanto del sector privado como del público.

Nuestros miembros forman parte de 34 asociaciones nacionales de servicios de agua. En EurEau, agrupamos a los profesionales nacionales del agua para acordar las posiciones del sector del agua a nivel europeo en relación con la gestión de la calidad del agua, la eficiencia de los recursos y el acceso al agua para todos los ciudadanos y empresas europeos. La secretaría de EurEau tiene su sede en Bruselas.



Con unas cifras de empleo directo de alrededor de 476 000 personas, el sector europeo del agua contribuye de forma significativa a la economía europea.