



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO
SECRETARÍA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE

Dirección General del Agua

**MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA E INTEGRAL DE
LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO, REGENERACIÓN Y
REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES**

Informe complementario

Madrid, octubre de 2020

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. OBJETO Y ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	7
2. DIAGNÓSTICO	8
2.1. INTRODUCCIÓN.....	8
2.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	9
2.3. VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS.....	13
3. PROPUESTAS IDENTIFICADAS	16
3.1. IMPULSAR EL AHORRO DE ENERGÍA EN LOS DISTINTOS PROCESOS INDUSTRIALES QUE CONFORMAN EL TRATAMIENTO Y LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	16
3.2. APOYAR LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN TERRENOS E INFRAESTRUCTURAS ASOCIADAS A LOS PROCESOS DE DEPURACIÓN, SANEAMIENTO Y REUTILIZACIÓN, O PRODUCIDA EN EL TRATAMIENTO DE FANGOS DE LAS DEPURADORAS	17
3.3. MODIFICAR EL MARCO NORMATIVO PARA RECONOCER COMO SUBPRODUCTOS ALGUNOS DE LOS GENERADOS EN EL PROCESO DE DEPURACIÓN, SANEAMIENTO Y REUTILIZACIÓN	18
4. CONCLUSIONES	21
5. REFERENCIAS	23
5.1. REFERENCIAS NORMATIVAS	23
5.2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	23

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de energía generada por los servicios de agua urbana.	11
Tabla 2. Potencial de generación de energía por biogás.....	12
Tabla 3. Tabla resumen de la relación entre retos y propuestas para abordar el área temática sobre mejora de la eficiencia energética e integral de las plantas de tratamiento, regeneración y reutilización de aguas residuales.....	15

BORRADOR

LISTA DE ACRÓNIMOS

AEAS: Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento

AGE: Administración General del Estado

CCAA: Comunidades Autónomas

CDTI: Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial

DGA: Dirección General del Agua

DMA: Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas)

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales

ENRICH: Enhanced Nitrogen and Phosphorus recovery from waste water and integration in the value chain

ERGaR: Asociación Europea de Registro de Gas Renovable

Eur/Eau: European Federation of National Associations of Water Services

I+D+i: Investigación, Desarrollo e Innovación

IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

IWA: International Water Association

MITERD: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Sedigas: Asociación Española del Gas

TRLA: Texto Refundido de la Ley de Aguas (Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas)

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO Y ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

Este informe aborda la problemática existente en torno a la mejora de la eficiencia energética e integral de las plantas de tratamiento, regeneración y reutilización de aguas residuales, e identifica las principales oportunidades de intervención que pueden ser acometidas por la Dirección General del Agua (DGA) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico en el marco de sus competencias (MITERD), así como por otras administraciones competentes.

Este documento tiene por objeto describir el contexto en el que se está impulsando la mejora de la eficiencia (apartado 2.1) así como los retos que plantea esta área temática y las propuestas de actuación concretas, donde las Administraciones públicas pueden centrar sus esfuerzos en los próximos años. Todo ello se traduce en el planteamiento de una serie de acciones que son descritas en el apartado 3.

El análisis de esta área temática busca **promover e incentivar la adaptación de las instalaciones de tratamiento y saneamiento a estándares de eficiencia avanzados** y se centra en el ahorro y producción de energía y en la utilización integral de todos los recursos que se generan en torno a las instalaciones de depuración, saneamiento y reutilización de aguas residuales.

2. DIAGNÓSTICO

2.1. INTRODUCCIÓN

El sector del agua en España requiere de una serie de procesos industriales que movilizan una gran cantidad de recursos. Se estima que el abastecimiento urbano alcanza los 3.700 hm³/año y que la depuración de aguas residuales supera un volumen de 4.000 hm³/año. **Estos procesos consumen así mismo una gran cantidad de energía**, unos 4.000 GWh/año, lo que supone aproximadamente un 1,5% de la demanda total nacional y un 0,5% del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera en España.¹

Aunque este consumo energético puede considerarse relevante en valores absolutos, no es así si se tiene en cuenta el gasto medio energético en el hogar en términos relativos. Según datos de la Asociación Española de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS), el consumo eléctrico total de los servicios de abastecimiento y saneamiento (año 2018) equivaldría a un consumo medio por hogar de unos 120 kWh/año. Teniendo en cuenta los datos que ofrece el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) para ese mismo año, este consumo resulta ser aproximadamente un 4% del consumo eléctrico medio que se produce en los hogares españoles o equivalente a lo que de media se consume anualmente en energía eléctrica para ver la televisión en cada hogar o unas quince veces menos que el gasto energético en ese mismo hogar para conseguir agua caliente sanitaria.

En todo caso, las administraciones públicas y los propios operadores están **impulsando medidas para la consecución de una mayor eficiencia** que, en los últimos años, se han visto favorecidas, en gran medida, por los avances tecnológicos que supone la digitalización y el uso generalizado del *Big data*. El control y automatización, sobre todo en las grandes ciudades, de los sistemas de distribución del agua y su gestión centralizada han dado lugar a una reducción de las fugas en las redes y este ahorro de agua se ha traducido en un ahorro en el consumo de energía.

Pero el **saneamiento, depuración y reutilización de las aguas no sólo consume energía, sino que también la produce.** La generación es del orden de 600 GWh/año y en su totalidad procede de fuentes renovables, siendo el biogás la principal fuente generadora de energía en los procesos de depuración, proveniente del tratamiento de los lodos generados en la depuración de las aguas residuales. Este gas puede emplearse en sistemas de cogeneración de energía eléctrica que no sólo se utiliza como autoconsumo en las propias plantas, sino que genera un excedente que puede venderse a otros usuarios. El biogás puede también utilizarse directamente, inyectándolo en la red nacional que se emplea para la distribución de gas natural o, por ejemplo, como combustible en flotas de transporte.

El consumo y la producción de energía asociados al sector del agua no son los únicos procesos destacables desde el punto de vista de la consecución de una mayor sostenibilidad ambiental. Algunos nuevos desarrollos en la depuración están orientados hacia la recuperación de productos como nutrientes mediante tecnologías energéticamente eficientes, producción de materias primas para procesos industriales, valorización energética de la materia orgánica contenida en las aguas residuales y reutilización de los efluentes del tratamiento. La **valorización de subproductos**, fundamentalmente derivada de los tratamientos de los fangos

¹ Estos datos no incluyen el consumo energético de las plantas desaladoras.

que se producen en las depuradoras, supone una destacable mejora en la eficiencia de las plantas y un buen ejemplo de aplicación de los principios asociados a la economía circular.²

2.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA

Una mayor **eficiencia energética** en los procesos asociados a la depuración, saneamiento y reutilización de las aguas residuales es un objetivo que perseguir por sus evidentes implicaciones ambientales, si bien no es un tema crucial en la reducción de costes para los operadores. Así, en términos de coste, la energía significa un 7% del total. Esta cifra es algo menor que lo que suponen para los operadores los gastos asociados a la disposición del recurso “en alta”³, en los términos previstos en el régimen económico financiero establecido en El Texto Refundido de la Ley de Aguas⁴, y unas tres veces menos que lo que suponen sus gastos de personal.

En todo caso, la relativamente pequeña importancia del coste energético en la operación de los servicios del agua urbana no debe desincentivar el aumento de la eficiencia que, de hecho, se promueve por parte tanto de las administraciones competentes de los servicios como por la de los operadores. Existe potencial para hacerlo porque, si en vez de considerarse el valor medio del consumo energético total necesario para el tratamiento y la depuración (aproximadamente 1 kWh/m³), se contemplan las horquillas de consumo, éstas se mueven en amplios rangos que dependen de variables asociadas a la tipología, edad y sobre todo el tamaño de las plantas. De hecho, en España, los procesos de potabilización consumen entre 0,11 y 4,11 kWh/m³ y los de depuración entre 0,41 y 0,61 kWh/m³, lo que da idea de que existe un cierto margen de mejora.

Son habituales los **planes de ahorro y mejora** de la eficiencia energética que abarcan los cuatro ámbitos principales de los servicios urbanos del agua: captación y tratamiento, distribución, alcantarillado y depuración. En lo que se refiere al saneamiento y depuración de las aguas residuales, la tendencia tecnológica apunta a un incremento de la demanda energética, como consecuencia de crecientes exigencias de calidad del agua tratada⁵. La búsqueda de una mayor eficiencia se centra en el ahorro energético que se puede alcanzar mediante la implantación de sistemas de control del bombeo y la aireación y en modificaciones conceptuales en el pretratamiento. Asimismo, la digitalización con el uso generalización de sensores y la automatización para el control de procesos (medición de flujos, condiciones ambientales, reacciones bioquímicas o microbiológicas) pueden contribuir de forma notable a mejorar la eficiencia de la depuración y el saneamiento, con el consiguiente y significativo ahorro energético.

La revolución que ha supuesto la digitalización del control de las redes con el uso generalizado de sensores y la mejora en la automatización de los procesos ha dado lugar, en los últimos años, a una optimización de las presiones en las redes y a un fuerte ahorro energético. Igualmente, estas mejoras han aumentado la

² Estrategia Española de Economía Circular. España circular 2030: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espnacircular2030_def1_tcm30-509532.PDF

³ Se denomina “agua en alta” al agua sin tratar, que se capta de diversas fuentes, se almacena y se transporta desde su origen a las áreas urbanas para ser potabilizada conforme a los estándares sanitarios. Una vez potabilizada, se denomina “agua en baja”.

⁴ Título VI. Del Régimen económico financiero de la utilización del Dominio Público Hidráulico. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas: <https://www.boe.es/boe/dias/2001/07/24/pdfs/A26791-26817.pdf>

⁵ https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos/Estudio_de_prospectiva_Consumo_Energetico_en_el_sector_del_agua_2010_020f8db6.pdf

eficiencia en el alcantarillado, especialmente en lo que se refiere a un mejor manejo de los pluviales⁶. A este respecto, la cada vez mayor instalación de sistemas de “drenaje sostenible” ha permitido una reducción de los caudales punta en episodios de avenida que no sólo se traduce en una mejora de la calidad de los volúmenes de entrada en las depuradoras sino en una mayor eficiencia energética.

En todo caso, no puede olvidarse que la movilización de un menor volumen de agua supone un ahorro de energía y que, en ese sentido, menores pérdidas de agua en las redes y la aplicación de medidas de ahorro en los consumos de los usuarios aumentan también la eficiencia.

La mayoría de grandes operadores del agua en España están implementando sistemas de gestión centralizados de las redes que se “microsectorizan” para su control. Estas redes suelen contar con válvulas automáticas y sistemas de seguimiento continuo de caudales y presiones que, por ejemplo, permiten aislar un microsector de la red en caso de rotura.

En cuanto al control del consumo, se tiende a sistemas “inteligentes” que se basan en la lectura a distancia y continua de los contadores, herramientas de gestión de la demanda en tiempo real, detección de anomalías por roturas o elevados consumos y emisión de alarmas a los centros centralizados de gestión. El porcentaje de “agua no registrada”⁷ que es uno de los indicadores más utilizados para cuantificar las pérdidas en las redes, ha pasado en España de cifras superiores al 30% en 1990 al entorno del 20% en los últimos diez años.

Por otra parte, muchos operadores han implantado sistemas de gestión de la eficiencia energética mediante la implementación de la Norma ISO 50001 y la realización de **auditorías energéticas**.

En todo caso, los procesos de depuración y saneamiento, o las instalaciones asociadas al ciclo urbano del agua, en general, no son sólo consumidores de energía, sino también son productores. Se estima (AEAS, 2018) que los servicios de agua urbana generan una energía algo superior a los 600 GWh/año, lo que vendría a suponer una recuperación de aproximadamente un 15% de su consumo.

En su totalidad, esta energía es renovable y responde a los tipos que se recogen en la siguiente Tabla 1.

⁶ Las aguas pluviales urbanas resultan de los episodios de lluvia, y son las aguas que discurren por el terreno al no evaporarse o infiltrarse. Estas aguas tienen una elevada carga contaminante procedente del aire y del suelo, y deben ser canalizadas y tratadas para evitar problemas ambientales y de alteración del proceso de saneamiento de las aguas residuales urbanas.

⁷ El volumen de agua no registrada (ANR) se define como la diferencia entre el volumen de agua suministrada al sistema y el volumen de agua registrada en los medidores de los clientes (Alegre, 2000; 2006).

Tabla 1. Tipo de energía generada por los servicios de agua urbana.

Tipo de energía	Producción anual (MWh/año)	Porcentaje sobre el total (%)
Hidroeléctrico en alta	160.621	26,3
Hidroeléctrico en baja	1.861	0,3
Biogás en EDAR	303.936	49,7
Solar	6.177	1,0
Aprovechamiento secado de lodos	139.062	22,7
Total	611.657	100,0

Fuente: AEAS

Como puede observarse, la mitad de la energía producida corresponde al biogás que se genera en las plantas depuradoras que cuentan con procesos de digestión anaerobia, es decir en ausencia de oxígeno. Estos procesos se emplean para la estabilización de los lodos orgánicos que se generan en la depuración y da lugar a un gas que, en un 80%, se aprovecha energéticamente en las mismas depuradoras, por una parte, para generar el calor necesario en mantener el proceso de digestión y, por otra, para producir energía eléctrica que es auto consumida. El 20% restante supondría el excedente de energía que puede emplearse en otros usos. La digestión anaerobia no sólo presenta la ventaja de generar energía, sino que es más eficiente en los procesos de estabilización de los lodos y alcanza niveles de higienización más altos.

En general, todas las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) con una capacidad superior a los 100.000 habitantes equivalentes (he), (128 de las aproximadamente 2.300 EDAR que existen en España) cuentan con este tipo de digestores anaerobios, lo que supone que sirven a unos 22 millones de habitantes en el territorio nacional.

Si se tienen en cuenta todos los **sectores que pueden generar biogás en España, las cifras potenciales de generación de energía son muy relevantes**. Estudios llevados a cabo por el IDAE para la Asociación Española del Gas (Sedigas), estiman que el potencial de biometano a corto plazo es de la generación de 20-34 TWh, por lo que, con la valorización energética de los residuos, se podría cubrir hasta el 10% de la demanda total actual y el 64% del consumo doméstico-comercial. Es importante recalcar que este potencial es una foto fija en 2018, lo que supone que la aparición de nuevas materias primas, metodologías o tecnologías para la producción de biogás supondrán un incremento sustancial.

Un resumen del potencial de generación de energía, según los distintos sectores, de acuerdo con el Estudio mencionado, se refleja en la Tabla 2 que incluye unos umbrales mínimos y máximos de variación.

Como puede verse, el potencial de generación de energía eléctrica en las depuradoras, con determinados incentivos, podría dar lugar a un excedente de unos 1.000 GWh/año (88 htep/año). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que este **potencial de generación de energía mediante biogás procedente de los lodos de las depuradoras es muy pequeño en comparación con el que, por ejemplo, ofrece el sector ganadero** en España que, como puede verse, se estima en unas catorce veces mayor (unos 1.200 ktep/año).

Tabla 2. Potencial de generación de energía por biogás.

Origen	Rango inferior				Rango superior			
	ktep	GWh	bcm	Fuente	ktep	GWh	bcm	Fuente
Lodos EDAR	88	1.023	0,09	AEAS	88	1.023	0,09	AEAS
Residuos municipales	217	2.524	0,22	fGER	309	3.594	0,31	fGER
Agroalimentación	295	3.431	0,29	PER	295	3.431	0,29	PER
Ganadería	1.129	13.130	1,12	PER	1.294	15.049	1,29	NEDGIA
Agricultura	-	-	-	-	977	11.363	0,97	ENAGAS
Total	1.729	20.108	1,72		2.963	34.460	2,95	

Fuente: IDAE

En todo caso, debe tenerse en cuenta que el biogás no se utiliza sólo en instalaciones de cogeneración de energía, sino que puede enriquecerse para dar lugar al biometano e inyectarse directamente en las redes para su consumo. Se trata de una solución que, en principio, no representa un coste adicional ya que se cuenta con la infraestructura necesaria para su transporte y distribución que, a nivel nacional, gestiona Enagas. No existen limitaciones técnicas para inyectar el biometano en la red y, en muchos casos, se puede hacer directamente desde la planta de producción a la red de distribución. Tampoco se precisan adaptaciones en los puntos de consumo.

Esta inyección directa a la red no sólo **evita emisiones de metano en origen**, sino que **permite la descarbonización de determinados sectores no susceptibles de electrificación**, como son el calor doméstico e industrial, el cerámico o el metalúrgico, lo que puede conllevar una valorización más eficiente que la generación eléctrica. En todo caso, el biometano, una vez inyectado en red, puede usarse en ciclos combinados como energía renovable de respaldo, con rendimientos superiores al 50% y, de hecho, dada su equivalencia con el gas natural, pero con un carácter renovable, cualquier sector en el que el uso de combustibles fósiles sea su principal fuente energética puede reducir sus emisiones de CO₂.

Una utilización, cada vez más extendida, es la del uso del biometano en flotas de vehículos, permitiendo la sustitución o mezcla con los combustibles fósiles. Debe destacarse que el proyecto de Ley de cambio climático y transición Energética, actualmente en tramitación parlamentaria⁸, incluye una serie de objetivos específicos de introducción de las energías renovables para el sector del transporte que además de promover un mayor despliegue de la movilidad eléctrica, incluye la obligación de un mayor empleo de biocombustibles avanzados y biogás.

Según la legislación europea, la contribución de los biocombustibles avanzados y el biogás producido como porcentaje del consumo final de energía en el sector del transporte será como mínimo de un 0,2% en 2022, un 1% en 2025 y un 3,5% en 2030. Como destaca el Plan nacional integrado de energía y clima (PNIEC), el único gas renovable con tecnología madura y disponible en cantidad suficiente para abordar los objetivos de 2022 y 2025 e incluso 2030 es el biogás. Sin embargo, este mayor uso del biometano como combustible renovable en el sector del transporte sólo va a poder computar de manera relevante en el cálculo del

⁸ Proyecto de Ley de cambio climático y transición energética: http://www.congreso.es/public_oficiales/L14/CONG/BOCG/A/BOCG-14-A-19-1.PDF

porcentaje de consumo final de energías renovables si se permite el “Mix virtual” a través de garantías de origen y certificados.

2.3. VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS

Por otra parte, la **valorización de los subproductos procedentes de los procesos industriales que se realizan en las depuradoras** va desde el aprovechamiento de residuos para la producción de fertilizantes hasta conceptos más avanzados de “biorefinería”, con extracciones previas de productos de elevado valor añadido. Esta valorización es una parte clave para alcanzar una economía circular en el sector del agua urbana.

De hecho, la legislación europea de residuos establece disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes procedentes de productos de origen residual, y se prevén cupos obligatorios de reciclaje de macronutrientes (fosfatos, potasio, etc.).

El nitrógeno y fósforo son materias primas para la producción de fertilizantes en la agricultura y tradicionalmente se conseguían a partir del guano de aves. Al prácticamente haberse agotado este recurso, actualmente se extraen fundamentalmente del aire, en el caso del nitrógeno, y de yacimientos de rocas de apatita, en el caso del fósforo, con la particularidad en este caso de que las reservas mundiales se encuentran en unos pocos países⁹. Para la utilización de ambos elementos como fertilizantes, son necesarios procesos industriales caros y con un gran impacto ambiental ya que, por ejemplo, precisan una gran cantidad de energía.

La utilización de los fangos como fertilizante en la agricultura¹⁰ sólo está permitida tras un tratamiento previo y, en todo caso, debe limitarse a los procedentes de depuradoras de aguas residuales urbanas, fosas sépticas domésticas o depuradoras de agroindustrias, estando prohibido el uso de lodos procedentes de otro tipo de depuradoras industriales. La **utilización en la agricultura de los lodos de depuradora** tratados adecuadamente supone un **ahorro de entre un 5 y un 15% de los fertilizantes químicos convencionales** y es un buen ejemplo de aplicación de los principios de economía circular.

En todo caso, la aplicación de estos lodos, sin un adecuado tratamiento, puede tener indeseables consecuencias ambientales debidas fundamentalmente a su potencial contenido de patógenos y de contaminantes. Otro de los factores que condicionan el uso de lodos es la presencia de metales pesados que, al contrario de lo que ocurre con los contaminantes orgánicos o los patógenos, no se degradan y van acumulándose en el suelo de donde pueden llegar a incorporarse a las cadenas tróficas.

En los últimos años se están desarrollando **nuevas tecnologías para mejorar el tratamiento de los fangos de las depuradoras**, mediante mejoras en la biodigestión o nuevas tecnologías de valorización energética de fangos. Entre las más prometedoras se encuentra la de producción de estruvita¹¹ o guanita, mineral fosfatado

⁹ En la actualidad existe una gran demanda de fósforo para producir fertilizantes fosfatados, que se utilizan tanto en la agricultura como en procesos industriales. Sin embargo, la disponibilidad futura del P está fuertemente comprometida a nivel mundial y algunos expertos vaticinan que las reservas mundiales accesibles empezarán a agotarse a finales de este siglo.

¹⁰ Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1990/10/29/1310/dof/spa/pdf>

¹¹ La estruvita es un mineral del grupo de los fosfatos que, además de fósforo, contiene magnesio, nitrógeno y potasio. Se puede producir por cristalización espontánea en estaciones depuradoras de aguas residuales y, de hecho, en algunos casos, afecta a su funcionamiento porque obtura las conducciones.

de amonio y magnesio hidratado que puede ser empleado, de forma directa, como fertilizante en los cultivos. Entre sus ventajas se encuentra el que se disuelve lentamente, lo que la hace especialmente interesante para aquellos cultivos o zonas forestales que se abonan esporádicamente. Además, las tecnologías que se están experimentando en la actualidad consiguen cristales de Estruvita que apenas contiene metales pesados.

No obstante, la utilización de fangos como fertilizante en la agricultura¹² solo está permitida tras un tratamiento previo y, en todo caso, debe limitarse a los fangos procedentes de depuradoras de aguas residuales urbanas, fosas sépticas domésticas o depuradoras de agroindustrias, estando prohibido el uso de lodos procedentes de otro tipo de depuradoras industriales. La utilización en la agricultura de los lodos de depuradora tratados adecuadamente supone un ahorro de entre un 5 y un 15% de los fertilizantes químicos convencionales y es un buen ejemplo de aplicación de los principios de economía circular. La posibilidad de unir a esta fuente de recirculación aguas regeneradas y especialmente ‘fabricadas’ para el riego es una opción a considerar.

En esencia, el proceso consiste en la liberación del fósforo eliminado en la EDAR como ortofosfato en condiciones anaerobias para lo que es preciso separar la fracción líquida del fango (licor de deshidratación) en la que debe llevarse a cabo una cristalización controlada. Sin embargo, la precipitación controlada no es sencilla ya que exige unas condiciones constantes de acidez (pH entre 8 y 10) que exigen la introducción de CO₂ en el agua. Además, el grado de saturación de nitrógeno, fósforo y magnesio y la concentración de otros iones como el calcio debe ser la adecuada. A menudo, se requiere la adición de magnesio para optimizar el proceso. El licor de deshidratación se hace pasar a través de un reactor que contiene semillas de cristalización de un tamaño aproximado de 1 mm y en torno a las cuales cristaliza la estruvita.

Entre los proyectos de investigación actualmente en marcha relacionados con la producción de estruvita se encuentra “Enrich” (Enhanced Nitrogen and Phosphorus recovery from waste wáter and integration in the value chain” (<http://www.life-enrich.eu>). Es un proyecto LIFE financiado con 2,7 M€ y coordinado por el Centro de Tecnología del Agua de Cetaqua, entre cuyos participantes se encuentran Aquatec-Suez, Aguas del Segarra Garrigues, EMUASA, IRTA y las Universidades Politécnicas de Cataluña y Valencia.

Por otro lado, se está trabajando en reconocer el ‘agua de riego’ como un producto que, con determinadas características de composición en nutrientes, podría prepararse en las plantas de tratamiento de las aguas residuales posibilitando la reutilización, no solo del agua, sino también de algunos nutrientes, como pueden ser el nitrógeno y el fósforo, ambos precisos para la producción de fertilizantes de uso común en la agricultura. Ambos son materias primas demandadas, la segunda es además escasa y requiere costosas importaciones. Tras su aplicación en la agricultura, parte del nitrógeno y del fósforo se incorporan al ciclo hidrológico, pues se disuelven e incorporan en las aguas que se infiltran, acumulándose en los acuíferos e, incluso, aparecen en las aguas superficiales, reflejando el impacto de la contaminación difusa. En consecuencia, las aguas residuales que llegan a las depuradoras **contienen grandes cantidades de nitrógeno y fósforo** que deben retirarse mediante procesos químicos y biológicos que los incorporan, en parte, a los fangos de depuración.

Además, en este punto, la innovación puede jugar un papel fundamental en la búsqueda de tecnologías que permitan la obtención de agua con la calidad adecuada para riego, manteniendo el nivel de nutrientes y recuperando energía en el proceso. Cabe citar en este contexto el proyecto “*Innovation Deal on sustainable*

¹² Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1990/10/29/1310/dof/spa/pdf>

wastewater treatment combining anaerobic membrane technology and water reuse” para cuyo desarrollo se ha creado un consorcio formado por la Comisión Europea y diferentes entidades europeas, entre las que figuran la Confederación Hidrográfica del Júcar, la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana y la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales (EPSAR), además de varias universidades, entre ellas la Universidad de Valencia y la Universidad Politécnica de Valencia, centros de investigación así como usuarios finales del agua regenerada.

En síntesis, esta área temática se ha traducido a efectos de diagnóstico, en dos grandes retos, a los que se han asociado una serie de propuestas. Estos retos y propuestas pueden verse en la siguiente Tabla 3, y serán desarrollados en el apartado siguiente.

Tabla 3. Tabla resumen de la relación entre retos y propuestas para abordar el área temática sobre mejora de la eficiencia energética e integral de las plantas de tratamiento, regeneración y reutilización de aguas residuales.

Reto	Descripción reto	Propuesta	Descripción propuesta
R1.	Fomento de la eficiencia energética e integral de las instalaciones de depuración, saneamiento y reutilización del agua.	P1.1. P1.2.	Impulsar el ahorro energético en los distintos procesos industriales que conforman el tratamiento y la depuración de las aguas residuales. Apoyar la generación renovable en terrenos e infraestructuras asociadas a los procesos de depuración, saneamiento y reutilización de las aguas residuales, o producida en el tratamiento de fangos de las depuradoras.
R2.	Fomento de la valorización de subproductos procedentes de las plantas de depuración y regeneración	P2.1.	Modificar el marco normativo que reconozca como subproductos algunos de los generados en el proceso de depuración, saneamiento y reutilización

Fuente: Elaboración propia

3. PROPUESTAS IDENTIFICADAS

A continuación, se describen las propuestas surgidas en torno a esta área temática, para la mejora de la eficiencia energética e integral en torno a los dos grandes retos que derivan de él (ver Tabla 3).

3.1. IMPULSAR EL AHORRO DE ENERGÍA EN LOS DISTINTOS PROCESOS INDUSTRIALES QUE CONFORMAN EL TRATAMIENTO Y LA DEPURACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

La promoción de la eficiencia energética tiene una **doble vertiente**. Por una parte, de **impulso al ahorro de energía** en los distintos procesos industriales que constituyen el tratamiento, la distribución y la depuración del agua y, por otra, de **apoyo a la generación de energía renovable**, sea ésta hidroeléctrica, solar o eólica en terrenos e infraestructuras asociados a la depuración, saneamiento y reutilización de las aguas residuales o producida, a partir del biogás, en el tratamiento de los fangos de las depuradoras.

En cuanto al **ahorro de energía**, en los últimos años, se ha producido una notable mejora de la eficiencia del binomio agua-energía en el sector del agua. No obstante, aún es precisa la optimización de la gestión y el fomento de soluciones innovadoras y mejoras tecnológicas.

En este apartado, se proponen las siguientes medidas de actuación, todas ellas en torno a la mejora del marco institucional-financiero como apoyo a la eficiencia del binomio agua-energía:

1. Apoyo de las administraciones públicas a la elaboración de protocolos y normativa para la realización de auditorías de costes de operación en las plantas de depuración, saneamiento y reutilización de las aguas residuales, y de desarrollo de métricas específicas para el cálculo de consumos de agua y energía.
2. Desarrollo de normativa que obligue a la generalización de los estudios de cálculo de la huella de carbono en este tipo de instalaciones.
3. Ayudas públicas a los consumidores para la mejora de las instalaciones en viviendas. Al respecto, cabe subrayar que el mayor consumo energético relacionado con el agua urbana se produce en la producción del agua caliente sanitaria en los hogares.
4. Ayudas públicas o reducciones fiscales, para los operadores que desarrollen programas específicos de eficiencia.
5. Financiación específica de la I+D+i a través de líneas *ad hoc* del CDTI, en aspectos como:
 - Los procesos anaeróbicos en la estabilización de fangos y su deshidratación y secado.
 - Los ajustes y regulación de la presión en redes
 - La mejora tecnológica de los equipamientos (bombeos, soplantes y otra maquinaria con alto consumo).
 - Ajuste del factor de potencia y suavización de arranques y ajustes a curvas de eficiencia (regulación de frecuencias, paso de arrancadores clásicos estrella-triángulo a rampas electrónicas, etc.)
 - Generalización de la tecnología *led* en Iluminación.
 - Empleo de bombas de calor en calefacción

3.2. APOYAR LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN TERRENOS E INFRAESTRUCTURAS ASOCIADAS A LOS PROCESOS DE DEPURACIÓN, SANEAMIENTO Y REUTILIZACIÓN, O PRODUCIDA EN EL TRATAMIENTO DE FANGOS DE LAS DEPURADORAS

Se propone que la AGE trabaje en el apoyo a la generación de energía renovable, sea ésta hidroeléctrica, solar o eólica, en terrenos e infraestructuras asociados a los procesos de depuración, saneamiento y reutilización, o producida a partir del biogás, en el tratamiento de los fangos de las depuradoras. Para ello, esta propuesta se concreta en un despliegue de medidas que serán trasladadas a la Secretaría de Estado de Energía (MITERD) y otras administraciones competentes para su estudio y valoración:

1. El fomento a la generación eléctrica o térmica asociada a tecnologías renovables clásicas (fotovoltaica, eólica, etc.) mediante la puesta a disposición de los operadores de superficies públicas disponibles (parcelas, solares, tejados o superficies cubiertas, edificaciones, láminas de agua, etc.) u otros tipos de instalaciones o localizaciones incluyendo la simplificación de los permisos de instalación en los dominios públicos hidráulico y marítimo-terrestre.
2. Financiación específica de la I+D+i a través de líneas *ad hoc* del CDTI, en generación eléctrica hidráulica en redes urbanas tanto de abastecimiento como de saneamiento, incluso marginal o de pequeña potencia (aprovechamiento energía hidráulica potencial, sustitución de válvulas reguladoras de presión por microturbinas o pico-turbinas).

Como se ha visto, **la digestión anaerobia en las estaciones depuradoras supone un mejor tratamiento ambiental y sanitario de los lodos resultantes del proceso de depuración y una mayor eficiencia energética** resultado de la posibilidad de generación de energía y del empleo de procesos caracterizados por un menor consumo. Por tanto, su impulso supone una clara contribución a los principios de la economía circular que se plasmaría en la valorización de los lodos en las depuradoras y a la reducción de emisiones de GEI que supone la generación de energía renovable.

En todo caso, hay que tener en cuenta que **la recuperación de energía a partir del biogás producido en la digestión de los fangos solo es rentable en aquellas instalaciones de medio o gran tamaño**, dado que los motores de gas suponen una gran inversión y un mantenimiento muy costoso. La misma consideración de falta de rentabilidad es aplicable a los secados térmicos de fangos con generación de energía para verter en red, ya que a raíz de la reforma energética que rebajo o suprimió las primas a este tipo de energía, estos sistemas perdieron rentabilidad y ello provocó que un número importante de secadores dejaran de operar o ni siquiera se pusieran en operación.

Sin incentivos, la producción de biogás se limita a las EDAR mayores de 100.000 h-e (128 instalaciones de las 2.300 existentes en España) y su excedente potencial (tras aprovechamiento en las propias plantas) para ser inyectado directamente en las redes de transporte se estima en 88 ktep/año (unos 1.000 GWh/año).

Para extender esta producción a plantas más pequeñas y aumentar así el excedente potencial, serían necesarias medidas como:

1. Definición de objetivos de penetración de biogás y biometano, a corto, medio y largo plazo acorde con las políticas energéticas estatales.
2. Establecimiento de un marco regulatorio estable que permita alcanzar los objetivos marcados de producción de biogás en las depuradoras.

3. Reducción de trabas y penalizaciones fiscales que, de hecho, hacen que la carga impositiva que sufre el Biogás sea equivalente a la de los combustibles fósiles y no tenga en cuenta sus ventajas ambientales. Eliminación del impuesto especial de hidrocarburos para el biogás utilizado en inyección directa a la red o para uso en vehículos.
4. Desarrollo de mecanismos e incentivos económicos y fiscales. Por ejemplo, recoger explícitamente en las convocatorias del IDAE de ayudas a la inversión en instalaciones de energía eléctrica la utilización del biogás en cogeneración y el uso de biogás procedente de depuradoras y térmica con fuentes renovables.
5. Establecimiento de mecanismos de precio similares a los que rigen en otros países europeos del tipo:
 - Feed-in-tariff (FiT): retribución basada en costes de generación, con acceso prioritario a red y contratos a largo plazo, de 10 a 20 años. Alemania, Francia, y Reino Unido ofrecen incentivos FiT.
 - Feed-in-premium (FiP): establece una prima por encima del precio de mercado. Países Bajos, Dinamarca, Suecia ofrecen incentivos FiP.
 - Sistemas de Cuotas: establece la obligación de alcanzar determinadas cantidades de gas renovable en el mix energético. Italia, Bélgica, Rumanía y Suecia utilizan este sistema.
 - Subvenciones y créditos fiscales: Finlandia, Islandia, Suecia emplean un sistema de reducción de impuestos para el biometano. Austria y Bélgica aplican subvenciones a la inversión para instalaciones de biogás/biometano.
6. Establecimiento de certificaciones de garantía de Origen del Gas Renovable a imagen y semejanza de los que existen desde hace años en el sector eléctrico. La creación de un Sistema de Garantías de este tipo y la Emisión de Certificados Verdes por un agente independiente es fundamental para la inyección en red del biometano y permitiría la potencial comercialización de este gas renovable a nivel transfronterizo, siguiendo los procesos y protocolos de la asociación europea de registro de gas renovable (ERGaR), y favoreciendo, por tanto, el desarrollo del mercado de este gas renovable.
7. Modificación de las condiciones del gas para su inyección directa en red alineando el “Protocolo de Detalle PD-01” con las normas EN-16726 y EN-16723.
8. Mayor difusión y publicidad a la ciudadanía de las ventajas del biogás/biometano que, en la actualidad, apenas es conocido como fuente renovable de energía y elemento puro de una economía circular.

3.3. MODIFICAR EL MARCO NORMATIVO PARA RECONOCER COMO SUBPRODUCTOS ALGUNOS DE LOS GENERADOS EN EL PROCESO DE DEPURACIÓN, SANEAMIENTO Y REUTILIZACIÓN

La aportación de las plantas de depuración, saneamiento y reutilización a **la transformación de una economía lineal a una circular pasa por una mayor valorización de los subproductos generados**, singularmente en lo que se refiere al **aprovechamiento como fertilizantes de los biosólidos**, mediante lodos estabilizados, y a la **producción de estruvita**.

AEAS, en su “XVI Estudio Nacional” indica que en España se depuran 4.066 Hm³/año que, suponiendo una concentración media de fósforo de 0,010 kg/m³, daría lugar a un potencial teórico de producción de fósforo de más de 40.000 Tn/año, es decir, un **13% de las necesidades españolas para cultivos herbáceos y leñosos**, según datos del MAPAMA de 2018.

Al respecto, cabe destacar que, al contrario que los países del norte europeo con suelos ricos en materia orgánica y ácidos, nuestro país tiene un importante déficit natural de materia orgánica y mayoritariamente

condiciones de pH básico en los suelos, lo que lo hace ideal para incorporar estos subproductos de procedencia orgánica.

Sin embargo, **el potencial del uso de los subproductos de las depuradoras como fertilizantes está desaprovechado debido, en gran parte, a la falta de adecuación de la normativa española.**

Por ejemplo, **la estruvita no puede comercializarse en la actualidad ya que tiene la clasificación de residuo¹³ y no de fertilizante.** En España, como se ha destacado en anteriores apartados, se están realizando estudios y han estado en operación plantas piloto en diversas localidades (Sevilla, Murcia, Valencia) con resultados positivos que no se han podido materializar al no disponerse del marco normativo apropiado. Existe una instalación en Madrid con una capacidad real de producción de 1 t/día que, por la normativa citada, no tiene salida en territorio nacional.

Si se permitiera el uso de la estruvita como fertilizante disminuiría la dependencia en otros países para cubrir la demanda nacional de Fósforo, se compensarían ciertos costes de explotación de las depuradoras y se obtendrían claras ventajas ambientales, entre las que destaca la reducción del volumen de residuo producido.

Por otra parte, cabe pensar en el papel que pueden jugar los nutrientes contenidos en las aguas residuales en la consideración del agua regenerada como contribución a la nutrición sostenible de los suelos y al logro de los objetivos ambientales.

En relación con los objetivos de calidad, debe considerarse la potencial contribución de la reutilización a la resolución del exceso de nutrientes en aguas superficiales y subterráneas, que es causa de deterioro de numerosas masas de agua. En efecto, el problema más común que impide alcanzar el buen estado químico en masas de agua subterráneas es el impacto de la contaminación por nitratos, cuya concentración supera en muchos casos los límites establecidos por las normas de calidad de la Directiva 91/676. Por otra parte, este tipo de contaminación es factor determinante en la designación de zonas vulnerables de acuerdo con la citada Directiva y de zonas sensibles cuyas aguas sean eutróficas o tengan tendencia a serlo (Directiva 91/271). Se trataría de reducir la contribución de nitrógeno y fósforo de origen urbano reintegrándolos en el ciclo de producción agraria, lo que comporta una reducción neta de los nutrientes en el medio hídrico. Este planteamiento combina varias ópticas, habitualmente relacionadas entre sí:

- Si la EDAR debe necesariamente eliminar nutrientes cuando el punto de vertido se encuentra en zona sensible y/o vulnerable, con independencia de la reutilización posterior para riego, se puede llegar al absurdo actual de “quitar primero para poner después” lo que resulta poco coherente con el incentivo a la economía circular.
- Considerando el gran problema del exceso de nitratos en las aguas subterráneas, resulta aconsejable incorporar este riesgo ambiental en los futuros Planes de Gestión del Riesgo del Agua Regenerada (PGRAR) aun siendo conscientes de las dificultades que ello conlleva. Los ahorros de fertilizantes obtenidos por la reutilización pueden ayudar al cumplimiento de las normas de buenas prácticas agrarias, al suponer un interesante incentivo económico.

¹³ Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados:
<https://www.boe.es/boe/dias/2011/07/29/pdfs/BOE-A-2011-13046.pdf>

Teniendo en cuenta lo anterior, el desarrollo de esta propuesta se concreta en un nuevo despliegue de medidas para el fomento de la valorización de subproductos, que serán trasladadas a otras administraciones competentes para su estudio y valoración. Se proponen las siguientes, todas ellas basadas en una propuesta de cambio normativo que favorezca el empleo de ciertos residuos como subproductos y su empleo en determinados usos:

1. Modificar la normativa española, de tal forma que se permita la comercialización y aplicación de la estruvita como fertilizante agrario, tal y como permite la normativa europea.
2. No considerar la estruvita como residuo sino como subproducto, procediendo en consecuencia a la revisión del RD 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.
3. En desarrollo de la “Estrategia Española de Economía Circular”, fomentar normativamente el uso de subproductos y avanzar en el aprovechamiento de fertilizantes, mencionando expresamente la estruvita.
4. En relación con la consideración del producto ‘agua de riego’, reforzar las iniciativas planteadas por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación sobre nutrición sostenible de los suelos agrícolas, explorando la posibilidad de reducir las aportaciones de fertilizantes cuando estos ya vengán incorporados en el agua de riego producible en las EDAR-ERA. Este producto podría ser aportado desde las instalaciones de regeneración reduciendo significativamente los costes de extracción de nutrientes de interés para la agricultura. Se trata de asegurar la sostenibilidad de la agricultura, racionalizando el uso de los medios de producción y, en concreto, de los productos fertilizantes y otros aportes de nutrientes a los suelos agrícolas y a los cultivos¹⁴.
5. En el marco de la consideración legal de las aguas reutilizadas como un recurso, analizar la redefinición de vertido y de aguas residuales, de manera que sólo se considerase vertido lo que alcanzase al dominio público hidráulico. Esta reconsideración facilitaría: por una parte, que se establezca un incentivo económico por elusión del correspondiente canon de control de vertidos, a integrar en las condiciones económicas en el acuerdo entre el titular del vertido y el usuario final; por otra, la reducción de costes de tratamiento en zonas sensibles sin perjuicio para estas, por unas características fisicoquímicas del agua regenerada más permisivas que para su vertido a masa de agua.
6. Analizar, igualmente, la posibilidad de establecer una norma de calidad de agua de riego de cualquier origen que incorporara condiciones de calidad semejantes a los requeridos para la reutilización de aguas regeneradas.
7. En el contexto de la necesaria mejora de los suelos agrícolas y la descarbonización explorar el potencial de las técnicas de carbonización de subproductos de biomasa (en este caso, los lodos de depuración) y el establecimiento de un posible marco para su regulación y apoyo.
8. Consideración de técnicas óptimas de fertirrigación (en especial con aguas regeneradas) en combinación con el control nutricional en planta y el seguimiento del movimiento de nitrógeno y nutrientes en el suelo.

¹⁴ España está adherida a la iniciativa internacional «4 por 1000», lanzada durante la COP 21. Se trata de dar a conocer o establecer acciones concretas sobre el almacenamiento de carbono en los suelos, y el tipo de prácticas para lograrlo (agroecología, agroforestería, agricultura de conservación, de gestión del paisaje...). <https://www.4p1000.org/es>

4. CONCLUSIONES

El gran volumen de recursos movilizados en el sector del agua en España y la consecuente generación de lodos como resultado de los procesos de tratamiento aconsejan promover medidas que mejoren la eficiencia energética de las plantas y la valorización de los subproductos que se acumulan, contribuyendo de este modo a los objetivos perseguidos por la Estrategia Española de Economía Circular.

Estas actuaciones se relacionan, en términos generales, con cambios y adaptaciones normativas que incentiven la creación de plantas sostenibles y eficientes, y que favorezcan tanto el aprovechamiento del excedente de energía o biogás producido en las plantas, como la concentración y beneficio de ciertos subproductos (fósforo, por ejemplo) en nuevos procesos productivos, evitando que sean considerados como meros residuos desechables.

BORRADOR

5. REFERENCIAS

5.1. REFERENCIAS NORMATIVAS

Gobierno de España, 2020. Proyecto de Ley de cambio climático y transición energética. http://www.congreso.es/public_oficiales/L14/CONG/BOCG/A/BOCG-14-A-19-1.PDF.

Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados (BOE núm.181 de 29 de julio de 2011).

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas (BOE núm. 176, de 24 de julio de 2001).

Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario (BOE núm. 262, de 1 de noviembre de 1990).

5.2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEAS/AGA, 2018. XV Estudio Nacional. Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España.

Alegre, H.; Hirner, W.; Baptista, J. M. et al., 2000. Performance Indicators for Water Supply Services. Manual of Best Practice. IWA Publishing.

Alegre, H.; Baptista, J. M.; Cabrera Jr E. et al., 2006. Performance Indicators for Water Supply Services [2.ª ed.]. Manual of Best Practice. IWA Publishing.

Delacámara, M. Arenas, A. Marhubi, M. Rodríguez, 2017. El sector del abastecimiento y saneamiento urbano en España. Fundación Canal. <http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM019569.pdf>

EurEau's response to the New Circular Economy Action Plan. 12 March 2020 <http://www.eureau.org/resources/news/411-eureau-s-response-to-the-new-circular-economy-action-plan>

IDAE y Eurostat. 2011. Análisis de consumo energético del Sector Residencial en España. Proyecto SECH-SPAHOUSEC.

IWA/WEF Nutrient Removal and Recovery Conference (July 10-13, 2016). Denver, Colorado, USA.

MITERD, 2019. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (2021-2030). https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf

MITERD, 2020. Estrategia Española de Economía Circular. España circular 2030. https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espnacircular2030_def1_tcm30-509532.PDF

Moving Innovations into Practice. Selected papers presented in Water Science and Technology. Gdansk, Poland (17-21 May) 2015. NRR SG /IWA Specialized Conference on "Nutrient Removal and Recovery.

Primera jornada COP25 en el Colegio de ICCP: "Ingeniería ante el cambio climático". Diciembre 2019

VIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Colegio de ICCP. Diciembre 2019