

# TECNOAQUA

www.tecnoaqua.es

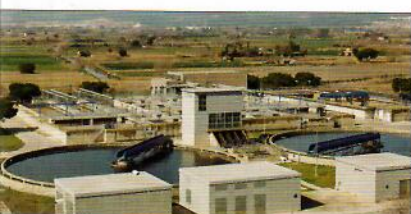
Órgano de difusión de:



Colaborador de:



Caracterización microbiológica del proceso de producción de agua regenerada en la EDAR de Gavà-Viladecans



Rewacer: nuevo modelo de economía circular para las aguas regeneradas, desde la EDAR a entornos industriales

Proyecto Life Enrich: recuperación de nitrógeno y fósforo del agua residual e integración en la cadena de valor

Contadores de partículas por bloqueo de luz como futura herramienta para tomar decisiones en plantas de aguas

Experiencia en el uso de Chemifloc PA 47 como pretratamiento de una ósmosis inversa

Validez del método Colilert-18 en la reutilización del agua

Directiva europea de agua de consumo humano: transposición, retos y perspectivas

## seko

### La gama más completa de bombas dosificadoras y instrumentos de control



Durante más de 40 años Seko ha sido de los más importantes fabricantes de bombas dosificadoras, instrumentos de control y sistemas de dosificación

Para obtener más información, visite nuestro sitio web [www.seko.com](http://www.seko.com)

Esta larga actividad nos ha permitido adquirir una gran experiencia en diversas aplicaciones, en muchos ámbitos industriales, a través de la fabricación de las soluciones específicas para cada exigencia.

Nuestra presencia internacional nos permite garantizar la disponibilidad de asistencia tanto en la fase de selección, montaje, instalación y puesta en marcha.



Your Choice,  
Our Commitment

Seko Ibérica Sistemas de Dosificación S.A.  
C/ Juan Ramón Jiménez, 4 Nave 1  
08960 San Just Desvern, Barcelona  
T. 93.480.25.70 - F. 93.480.25.71  
Email [sekoiberica@sekoiberica.com](mailto:sekoiberica@sekoiberica.com)

## España, ejemplo en reutilización y desalación para Europa

Los fondos europeos Next Generation llegan para materializar la reconstrucción económica y social postpandemia. Y lo harán transformando y modernizando el modelo socioeconómico de la mano de la digitalización, la transición ecológica y la cohesión social y territorial. Europa camina, así, hacia un futuro más verde, digital y resiliente. En ese futuro marco, la potencialidad de la reutilización del agua y los beneficios de la economía circular son enormes. Y España, en este sentido, tiene mucho que decir.

Como se apuntó en el pasado IV Foro Mediterráneo del Agua, España es el país líder europeo en volumen de agua reutilizada, con un volumen actual de 400 hm<sup>3</sup>/año, de los que un 50% se destina a la agricultura. La mayor parte de estos recursos se utiliza en las cuencas de mayor estrés hídrico, como son las del arco mediterráneo y, especialmente, en el Júcar y el Segura. También destaca el enorme esfuerzo que el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Miteco), a través de su Dirección General del Agua, está haciendo para fomentar el aprovechamiento de las aguas depuradas para su reutilización, tanto en la adaptación del marco normativo a las nuevas exigencias europeas, en particular en el contexto de la economía circular, como a través de los objetivos planteados para el fomento de la reutilización del Plan DSEAR, aprobado el pasado mes de julio.

En cuanto a desalación, desde la Dirección General del Agua se insiste en la importante evolución del parque de desaladoras en España desde los años 60, cuando tenían una capacidad de apenas 1 hm<sup>3</sup>. Actualmente, hay unos 950 hm<sup>3</sup> de agua desalada instalada. Asimismo, es interesante el incremento del uso de agua desalada para el abastecimiento y la agricultura y la importancia del nexo entre el agua y las energías renovables para la desalación. Datos del sector señalan que, por ejemplo, la energía solar fotovoltaica tendrá tal crecimiento exponencial en los próximos años que permitirá unos ahorros de consumo energético del 20-30% en las plantas depuradoras y del orden del 4-5% en las plantas desaladoras. También existen tecnologías ya aplicadas que reducen el consumo energético en la obtención de agua potable, como las celdas de desalación microbiana, la ósmosis inversa con energía eólica hidráulica, la ósmosis inversa y la electrodiálisis inversa, o la ósmosis inversa en circuito cerrado. Todo ello para dar una segunda vida a nuestra sustancia preferida y al resto de elementos que la acompañan, desde la salmuera hasta otros residuos.

### TECNOAQUA

INFOEDITA COMUNICACIÓN PROFESIONAL, S.L.

#### Editora

María J. Gómez Carrillo • mj.gomez@infoedita.es

#### Coordinador Editorial

Rubén J. Vinagre García • tecnoaqua@infoedita.net

#### Redacción

Máximo Álvarez • m.alvarez@infoedita.es  
Alberto Adeva • a.adeva@infoedita.es

#### Director Comercial

Enrique Huerta • e.huerta@infoedita.es

#### Delegado Comercial - Zona Norte

David Echevarría • d.echevarria@b2bcomunicacion.es

#### Departamento de Suscripciones

suscripciones@infoedita.es. Teléfono: 911 255 700

#### Gerente

José Henríquez Navarro

#### Director Financiero

Francisco Sanz Basterra

#### Dirección

Ribera de Axpe, 11, Edificio C-2, Oficina 113  
48950 Erandio (VIZCAYA)

Rufino González, 40, 3º dcha.

28037 MADRID

Teléfono: 911 255 700

ISSN: 2340-2091

Depósito Legal: BI-612-2013

Imprime: Grafo, S.A.

Miembros de **coneqta**

© INFOEDITA 2021 Queda prohibida la reproducción total o parcial de los artículos incluidos en esta publicación, su tratamiento informático y la transmisión por cualquier forma o medio, sin el previo permiso por escrito del titular del Copyright. Las colaboraciones son de exclusiva responsabilidad del autor.

### infoedita



# Proyecto Life Enrich: Recuperación de nitrógeno y fósforo del agua residual e integración en la cadena de valor

El nitrógeno (N) y el fósforo (P) son nutrientes esenciales para la producción agrícola y para garantizar la seguridad alimentaria, pero la producción de N a escala industrial conlleva un elevado impacto medioambiental y el P es un recurso con perspectivas de escasez. El proyecto Life Enrich, iniciado en septiembre de 2017, con una duración de 4,3 años y un presupuesto total de 2,789 millones de €, está liderado por el Centro Tecnológico del Agua (Cetaqua) y cuenta con la participación del Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA), Aigües del Segarra Garrigues (ASG), la Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia (Emuasa), la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y la Universitat Politècnica de València (UPV). El proyecto ha permitido la validación de un proceso para la recuperación de N y P de las aguas residuales y su valorización como fertilizantes, impulsando así un modelo de economía circular que conecta el tratamiento de las aguas residuales con el sector agrícola.

## Palabras clave

EDAR, nutrientes, valorización residuos, economía circular.

## LIFE ENRICH PROJECT: RECOVERY OF N AND P FROM WASTEWATER AND INTEGRATION IN THE CHAIN OF VALUE

*Nitrogen (N) and phosphorus (P) are essential nutrients for agricultural production and to ensure food security, but the N production on an industrial scale carries a high environmental impact and P is a resource with scarcity prospects. The Life Enrich project, started in September 2017, with a duration of 4.3 years and a total budget of € 2,789 million, is led by the Water Technology Center-Cetaqua and has the participation of the Research and Technology Institute Agroalimentaria (IRTA), Aigües del Segarra Garrigues (ASG), the Municipal Water and Sanitation Company of Murcia (Emuasa), the Polytechnic University of Catalonia (UPC) and the Polytechnic University of Valencia (UPV). The project is allowing the validation of a process for the recovery of N and P from wastewater and its valorization as fertilizers, promoting a circular economy model that connects wastewater treatment with the agricultural sector.*

## Keywords

WWTP, nutrients, waste valorization, circular economy.

### Alicia Gadea

responsable de Depuración de la Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia, S.A. (Emuasa)

### Mar Castro

técnica de I+D+i de la Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia, S.A. (Emuasa)

### Eva Mena

responsable de Innovación de la Empresa Municipal de Aguas y Saneamiento de Murcia, S.A. (Emuasa)

### Miguel Roldán

técnico superior de investigación de Calagua - Unidad Mixta UV-UPV, y del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universitat Politècnica de València (IIAMA-UPV)

### Ramón Barat

profesor titular de universidad en Calagua - Unidad Mixta UV-UPV, y del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universitat Politècnica de València (IIAMA-UPV)

### Adriana Romero

técnica investigadora de Cetaqua

### Álvaro Mayor

técnico investigador de Cetaqua

### Mar Carreras-Sempere

técnica investigadora del IRTA

### Carmen Biel

investigadora del IRTA

### Xavier Petit

responsable de Agricultura de Aigües del Segarra Garrigues, S.A. (ASG)



## 1. INTRODUCCIÓN

El N y P son nutrientes esenciales para la producción agrícola y para garantizar la seguridad alimentaria, pero la producción de N a escala industrial conlleva un elevado impacto medioambiental y el P es un recurso natural finito con perspectivas de escasez. Ambos recursos son eliminados en las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR), ya que su descarga al medio está limitada, acarreando un coste energético y ocasionando problemas operacionales debido a la precipitación incontrolada de fosfatos de amonio y magnesio en forma de estruvita, especialmente en equipos y tuberías tras la etapa de digestión.

La estruvita, fosfato de magnesio y amonio hexahidratado ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$  MAP), es un compuesto cristalino que se genera de forma natural durante la descomposición de materia orgánica. Además de la síntesis química, las aguas residuales ricas en fósforo y nitrógeno pueden utilizarse como recurso para su producción (Fattah, K., 2012).

El proyecto Life Enrich (*Enhanced Nitrogen and Phosphorus Recovery from waste water and Integration in the Value Chain*, [www.life-enrich.eu/](http://www.life-enrich.eu/)), iniciado en septiembre de 2017, con una duración de 4,3 años y un presupuesto total de 2,789 millones de €, está liderado por Cetaqua y cuenta con la participación del IRTA, ASG, Emuasa, UPC y UPV.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto Life Enrich es contribuir a la economía circular mediante la recuperación de nutrientes del agua residual y su uso como fertilizantes. Para la consecución de este objetivo se ha planteado una secuencia de tratamiento innovador que integra distintas tecno-

logías, permitiendo la recuperación eficiente del nitrógeno y el fósforo contenido en las aguas residuales, en forma de sales de amonio y de estruvita (Figura 1). Los productos obtenidos se mezclarán con otros fertilizantes con el fin de obtener soluciones nutritivas adecuadas para los cultivos de destino. Paralelamente al desarrollo técnico, se definirá un modelo de negocio para toda la cadena de valor del reciclaje de nutrientes, promoviendo así la replicabilidad y la transferibilidad de los resultados del proyecto en otras regiones de la Unión Europea (UE).

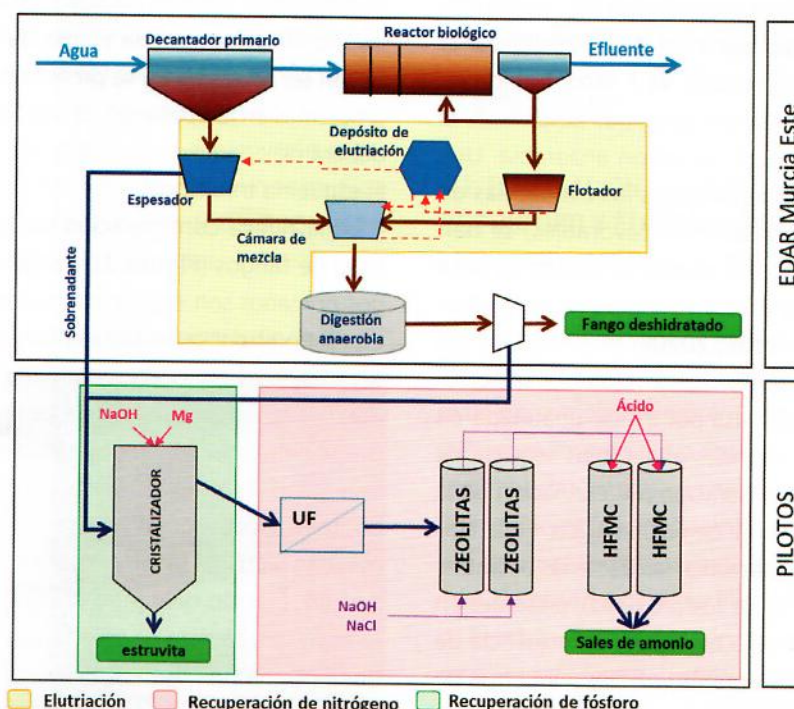
Los objetivos del proyecto son de especial importancia en este momento, ya que la Comisión Europea (CE) ha anunciado recientemente que se incluirá la estruvita en el listado de fertilizantes bajo la Regulación Europea de Productos Fertilizantes 2019/1009, permitiendo su comercialización y aplicación en Europa en 2022. Actualmente, la normativa no permite la aplicación en campo

de fertilizantes como la estruvita o las sales de amonio. El compuesto es de gran importancia dentro de la estrategia europea de economía circular, que permitirá la dinamización de los mercados para las 'materias primas secundarias' (materiales residuales que son vendidos y usados para su reciclaje en la fabricación de otros productos), pero también es fundamental a nivel estratégico, ya que el fósforo se considera materia prima crítica. El P tiene una gran importancia económica para los países miembros de la UE porque, si bien es básico para la producción de fertilizantes, el abastecimiento está en situación de riesgo, tanto por su escasez como por la situación geopolítica de las principales minas.

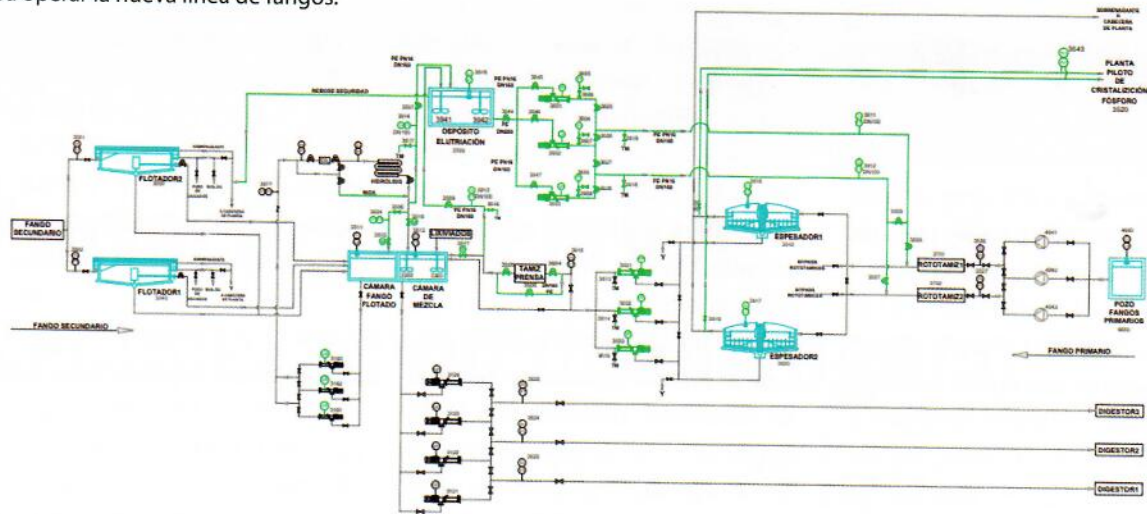
## 3. METODOLOGÍA

Las tareas preliminares del proyecto han incluido una caracterización de las corrientes de la EDAR realizada mediante tres campañas analíticas completas de la línea de aguas y de

FIGURA 1. Esquema del tren de tratamiento.



**FIGURA 2.** Configuración de la línea de fangos de la EDAR de Murcia Este. En verde los elementos añadidos para operar la nueva línea de fangos.



fangos de la EDAR Murcia Este. Los resultados obtenidos se han utilizado para calibrar los modelos que han permitido a la UPV desarrollar las simulaciones de la línea de aguas y de fangos de la EDAR Murcia Este. Para la simulación de la EDAR y modificación del proceso se ha utilizado el modelo BNRM2 (Barat *et al.*, 2013), implementado en el *software* de simulación DESSAS 7.1 (Ferrer *et al.*, 2008). Los objetivos de la modificación del proceso estudiado al realizar las simulaciones han sido maximizar la recuperación de P y minimizar la precipitación de P incontrolada en las tuberías y equipos después de la etapa de digestión anaerobia. Una vez identificadas las estrategias de operación más favorables, se han analizado desde un punto de vista económico y medioambiental (Roldan *et al.*, 2020).

La solución finalmente seleccionada pasa por incluir una etapa en condiciones anaerobias seguida de una separación por elutriación de la corriente de recuperación. En la etapa anaerobia, las bacterias acumuladoras de fósforo (PAO), presentes en el fango biológico, en presencia de ácidos grasos volátiles y ausencia de oxígeno, liberan el fósforo que han

almacenado, previamente, en el reactor biológico, en forma de fosfatos. Posteriormente, por elutriación del fango biológico rico en fosfato con el fango primario, se obtiene la corriente de recuperación rica en fosfato y libre de sólidos suspendidos.

Además de las premisas de que la configuración a implementar debe mejorar la recuperación potencial de fósforo y reducir los problemas de precipitación incontrolada, también se ha considerado a la hora de abordar la obra el aspecto de que todas las modificaciones de la planta deberían ser reversibles si se presentan problemas en la operación, la planta deberá de operarse de acuerdo con el esquema tradicional.

En la nueva configuración de la línea de fangos (Figura 2), los fangos primarios son espesados en dos espesadores por gravedad y el fango secundario es espesado en un flotador. Los fangos secundarios espesados son bombeados, tras pasar por un equipo de hidrólisis, hacia el depósito de elutriación, donde se mezclan con parte del fango primario espesado. El resto del fango primario se envía a la cámara de mezcla, desde donde se bombea a los digestores anaerobios. La mezcla de fangos

primarios y secundarios espesados del depósito de elutriación se envían a los espesadores de fango primario. De esta forma se enriquecerá en fósforo la corriente de sobrenadantes de los espesadores por gravedad, recuperándose este mediante un cristalizador de estruvita posterior.

La obra de acondicionamiento de la planta se ha realizado en 2019, incorporando el depósito de elutriación (Figura 3, 720 m<sup>3</sup>, 626 m<sup>3</sup> de volumen útil), equipado con agitadores. Además de otros equipos de control, se han incorporado en la línea analizadores de P y sensores de nivel de manto de fango en los espesadores, con el fin de que la automatización sea completa y poder definir estrategias de control de proceso avanzadas. El accionamiento de la etapa se realiza mediante Lodif-BioControl (Ruano *et al.*, 2014), un sistema de control basado en lógica difusa desarrollado por el grupo de investigación Calagua de la Universitat de València (Departamento de Ingeniería Química).

La puesta en marcha se ha realizado en octubre y noviembre de 2019 y, actualmente, se están operando de forma simultánea tres plantas piloto para la recuperación de P y



**FIGURA 3.** Tanque de almacenamiento adicional (depósito de elutriación).



N (**Figura 4**). Por un lado, la planta de cristalización de estruvita se alimenta con los sobrenadantes de los espesadores primarios, que contienen el fósforo concentrado tras la elutriación. El elemento central es un reactor basado en la tecnología Phosphogreen, con capacidad para tratar hasta un 1 m<sup>3</sup>/h, y que cuenta con una recirculación para fluidificar el lecho del reactor, inyección de NaOH y Mg para controlar el pH y ajustar la ratio Mg/P, respectivamente, así como con inyección de aire que permite eliminar el CO<sub>2</sub> disuelto en la alimentación, reduciendo el consumo de NaOH necesario.

Por otro lado, el tren de recuperación de nitrógeno está formado por dos plantas piloto que corresponden a las dos etapas del proceso: adsorción con zeolitas y contactores de membrana, con una capacidad de tratamiento de 1 m<sup>3</sup>/h. En la etapa de

adsorción con zeolitas, los centrados de deshidratación atraviesan las columnas de intercambio iónico mientras que el amonio que contienen queda retenido en el lecho adsorbente. A continuación, las columnas se regeneran con una solución rica en NaOH, de forma que el amonio se desorbe y concentra en la solución regeneradora y las columnas vuelven a estar libres de amonio y listas para un nuevo ciclo de adsorción. En la segunda etapa del proceso, la solución concentrada de amonio entra en los contactores de membrana de fibra hueca, que permiten el paso del amoníaco en fase gas de un lado al otro de la membrana. Así, el amoníaco permeado entra en contacto con un ácido, formándose el fertilizante correspondiente. La solución regeneradora libre de amonio se reutiliza en un nuevo ciclo de desorción de las columnas de zeolitas.

Los procesos de precipitación de estruvita y producción de sales de amonio pueden ser operados por separado o en serie, donde se utilizaría parte del amonio para recuperar fósforo en forma de estruvita y el restante, para precipitar la sal de amonio.

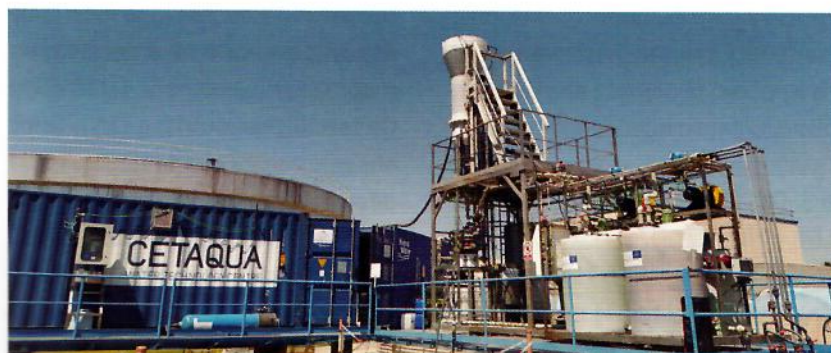
Los fertilizantes producidos son analizados con el fin de caracterizarlos y de comprobar que cumplan con la calidad exigida en la normativa. En función de su composición, se determinan las mezclas óptimas de estos fertilizantes y se llevan a cabo cultivos de distintas especies hortícolas en distintos medios (suelo y perlita), validándose así su idoneidad como fertilizantes.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE FÓSFORO Y ELUTRIACIÓN

En relación al control, la **Figura 5** muestra el gráfico de control del nivel del manto de fangos en uno de los espesadores por gravedad durante un día completo representativo de su funcionamiento. En la figura se representan la consigna de nivel, el nivel medido, la frecuencia de bombeo y la apertura de la válvula de regulación. Se observa cómo la frecuencia de bombeo varía en función del nivel de manto de fango medido y cómo, al aumentar en exceso, la válvula de

**FIGURA 4.** Plantas piloto de cristalización de estruvita y de recuperación de N.



regulación se abre, permitiendo una bajada más rápida del nivel. En cuanto a los resultados operacionales, con respecto al contenido de  $PO_4$  extraído en los sobrenadantes de los espesadores por gravedad (corriente de recuperación), durante la operación de la línea de fangos siguiendo el esquema original la concentración de  $PO_4$  ha sido de  $9,0 \pm 2,8$  mgP/L. Operando la planta con la nueva configuración para fomentar la extracción y recuperación de P, la concentración de  $PO_4$  en el sobrenadante del espesador ha aumentado hasta  $45,2 \pm 7,8$  mgP/L (Figura 6a). En términos porcentuales, el  $46,6 \pm 22,0\%$  del P afluente a planta se ha eliminado biológicamente en la línea de aguas. Esta eliminación de P ha permitido que, mientras para la configuración original de la línea de fangos se extrajera el  $3,8 \pm 1,6\%$  del P influente a la EDAR, con la configuración nueva se extrajera hasta el  $21,10 \pm 0,13\%$  (Figura 6b).

#### 4.2. PILOTOS DE RECUPERACIÓN DE FÓSFORO Y NITRÓGENO

Se han utilizado como alimentación del piloto de recuperación de estruvita los sobrenadantes de los espesadores primarios y se ha trabajado con una concentración de fosfatos de 100 mg/L de  $PPO_4$ , obteniéndose un rendimiento de recuperación de P del 85%, lo que supone una producción de 5-6 kg/día de estruvita. Las condiciones de operación óptimas corresponden a un pH de 8,3 y un ratio molar  $NH_4:Mg:PO_4$  de 4:1,3:1. La estruvita producida presenta un tamaño de gránulo de entre 0,5 y 2 mm, un contenido en  $P_2O_5$  mínimo del 26% y cumple con las especificaciones de calidad exigidas en cuanto a metales y patógenos.

Se alcanza una producción de 40 L/semana de nitrato de amonio, consi-

FIGURA 5. Gráfico de control de nivel de manto de fangos en uno de los espesadores. Verde: nivel consignado; rojo: nivel medido; marrón: frecuencia de bombeo; y gris: apertura de la válvula de regulación.

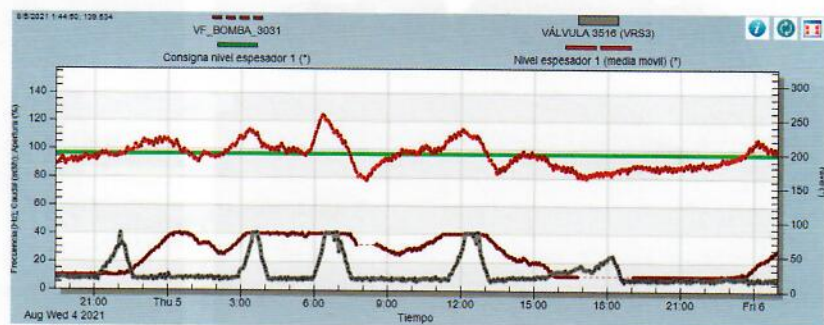
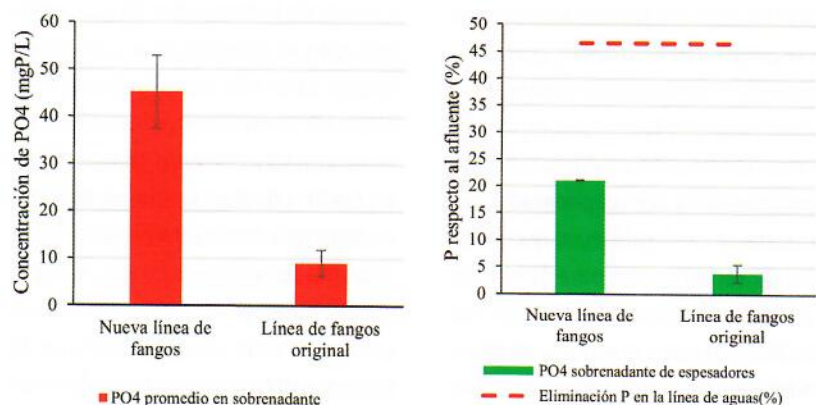


FIGURA 6. Concentración de  $PO_4$  en los sobrenadantes de los espesadores (izquierda, Figura 6a); y porcentaje del P afluente eliminado de la línea de aguas y extraído en el sobrenadante de los espesadores (derecha, Figura 6b).



guiéndose un rendimiento global del tren de tratamiento del 70% en términos de recuperación de N. La etapa de adsorción con zeolitas presenta un rendimiento del 77%, entrando los centrados con 600-800 mg/L  $NNH_4$  y abandonando la columna con menos de 100 mg/L  $NNH_4$ , pudiéndose reutilizar las zeolitas hasta en 5 ciclos. En los contactores de membrana se ha alcanzado un rendimiento del 91%. El nitrato de amonio es apto para su uso como fertilizante, presenta concentraciones de hasta un 8% en peso y bajo contenido en metales y microcontaminantes.

#### 4.3. CULTIVOS CON LOS FERTILIZANTES ENRICH

Los ensayos en campo han mostrado que los fertilizantes producidos y sus mezclas son aptos para su apli-

cación en fertirrigación y una alternativa técnicamente viable frente al uso de fertilizantes convencionales. Es importante considerar las características del agua de riego (pH, CE y bicarbonatos) para formular la composición de las soluciones nutritivas (SN) para los distintos cultivos. Así, se han llevado a cabo ensayos en invernadero mediante cultivo hidropónico (sustrato de perlita) y cultivo en suelo de tomates, brócoli y lechuga utilizando estruvita y una mezcla de estruvita y nitrato de amonio como materias primas para la fabricación de la solución nutritiva (SN). Estos ensayos han mostrado que no hubo diferencias significativas entre el control, con fertilizantes convencionales, y los fertilizantes Enrich en calibre, peso, color o contenido nutricional del fruto (N, P, K), superándose las



producciones objetivo de 9,7 kg/m<sup>2</sup> de tomates, 3,5 kg/m<sup>2</sup> de lechuga y 1,7 kg/m<sup>2</sup> de brócoli (Ruano, 2010). Sin embargo, se han encontrado diferencias de producción en la fertilización con nitrato de amonio dependiendo de la tolerancia al amonio de la variedad de tomate.

Además, también se han realizado ensayos de los mismos cultivos en campo abierto. En este caso, el cultivo de tomate mostró similitud en el uso de la estruvita producida frente al fertilizante convencional en cuanto a calibre, peso y contenido en nutrientes (N, P, Mg, K). Sin embargo, presentó diferencias significativas en una de las dos parcelas estudiadas en la producción en el año 2019 debido a un problema técnico en la basificación de la SN, aunque no en el año 2020. En el caso del brócoli y de la lechuga, en uso de estruvita se observa una mayor producción en el año 2019 en una de las dos parcelas estudiadas, mientras que en el año 2020 no se observan diferencias en ninguno de los parámetros (producción, calibre, peso y contenido en nutrientes). También se han llevado a cabo cultivos en campo de cebada, alubias y avena utilizando fango de EDAR, mostrando un rendimiento similar al obtenido con fertilizantes convencionales.

#### 4.4. IMPACTO AMBIENTAL

Para entender los beneficios de la tecnología propuesta se ha hecho un estudio de impacto ambiental empleando la metodología de *Life Cycle Assessment* (LCA) aplicada a toda la cadena de valor, planteando y comparando dos escenarios. En primer lugar, el escenario de referencia, constituido por la configuración de la EDAR Murcia Este en su funcionamiento normal con eliminación de nutrientes. En segundo, la

misma EDAR pero con el esquema propuesto en el Life Enrich. Además, en ambos casos se estudia el caso de la agricultura, ya que es donde ocurre la disminución del impacto ambiental asociada a la reducción del consumo de fertilizantes producidos por síntesis química convencional.

El LCA mostró en términos generales un ligero incremento en el impacto en la depuradora, fruto de añadir nuevas tecnologías, y una gran reducción del impacto en la agricultura gracias a la reducción en el uso de fertilizantes producidos por vías convencionales.

Los indicadores típicos analizados en LCA mostraron lo siguiente: 20% de reducción en el potencial de calentamiento global asociado a la menor producción de fertilizantes nitrogenados; 50% de reducción en escasez de recursos minerales, asociado a la menor necesidad de extraer el fósforo de la roca fosfática; 32% reducción del potencial de eutrofización marina y 15% de reducción de potencial de eutrofización de agua dulce asociado a la reducción de nutrientes vertidos al medio.

## 5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos respecto a la elutriación son compatibles con los estudios previos de simulación realizados, en los que cabía esperar concentraciones de PO<sub>4</sub> en los sobrenadantes alrededor de 44,8 mgP/L en escenarios del 50% de eliminación de P, con extracciones en los sobrenadantes de hasta el 13,8% del P afluente a la EDAR. Las simulaciones previas predecían, para escenarios del 90% de eliminación de P en la línea de aguas, concentraciones de hasta 100,1 mgP/L en los sobrenadantes y una extracción de hasta el 44,9% del P afluente a la EDAR por los sobrenadantes de los espesadores.

A lo largo del proyecto se han optimizado las condiciones de operación de la etapa de elutriación para obtener la máxima cantidad de fósforo en el sobrenadante de los espe-santes primarios y, en consecuencia, reducir la cantidad de estruvita que precipita de forma incontrolada a lo largo de la línea.

Los pilotajes en la EDAR Murcia Este han demostrado que el proceso de producción de fertilizantes a partir de la recuperación de nutrientes en EDAR es técnicamente viable, alcanzándose rendimientos de recuperación de P y N como estruvita y nitrato de amonio del 85 y 77%, respectivamente, y medioambientalmente beneficioso.

El proyecto Life Enrich permite obtener fertilizantes seguros como alternativa competitiva frente a los fertilizantes convencionales, posibilitando la recuperación de nutrientes en EDAR y avanzando hasta un modelo de gestión del ciclo del agua más sostenible, con vistas a replicar y transferir los resultados a otras regiones de la UE y habilitando nuevos modelos de negocio que sirvan de nexo entre el sector del agua y el agrícola.

#### Bibliografía

- [1] Barat, R.; Serralta, J.; Ruano, M.V.; Jiménez, E. (2013). Biological nutrient removal model No 2 (BNRM2): a general model for wastewater treatment plants. *Water Sci. Technol.*, núm. 2. <https://doi.org/10.2166/wst.2013.004>.
- [2] Fattah, K. (2012). Aseesing struvite formation potential at wastewater treatment plants. *International Journal of Environmental Science and Development*, núm. 3, págs. 548-552.
- [3] Ferrer, J.; Seco, A.; Serralta, J.; Ribes, J.; Manga, J.; Asensi, E. (2008). DESASS: a software tool for designing, simulating and optimising WWTPs. *Environ. Model. Software*, núm. 23. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2007.04.005>.
- [4] Roldan, M.; Bouzas, A.; Seco, A.; Mena, E.; Mayor, A.; Barat, R. (2020). An integral approach to sludge handling in a WWTP operated for EBPR aiming phosphorus recovery: Simulation of alternatives, LCA and LCC analyses. *Water Research*, núm. 175.
- [5] Ruano, M.V.; Robles, A.; Gomez-Gil, T.; Olivas, E.; Hermosilla, P.; Basiero, J.A.; Serralta, J.; Ribes, J.; Seco, A.; Ferrer, J. (2014). LoDif BioControl: Plataforma para facilitar la implementación de algoritmos de control y optimización de procesos en las EDAR. *FuturEnviro*, junio, págs 59-62.
- [6] Ruano, S. (2010). Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.