

# Aprovechamiento de aguas residuales de los mataderos en el marco de la Economía Circular. Water2REturn

*Montserrat Pérez, Cristina Agabo, María Luisa Muñoz, Diego Sales y Rosario Solera*

*Dpto. Tecnologías del Medio Ambiente. IVAGRO. Universidad de Cádiz. Campus Puerto Real – 11510 Cádiz. [montserrat.perez@uca.es](mailto:montserrat.perez@uca.es)*

*Palabras clave: vertidos de matadero, biofertilizantes, bio-metano, bio-hidrógeno, captación CO<sub>2</sub>.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de biomasa y de alimentos ha crecido a un ritmo elevado en los últimos años lo que conlleva a un mayor uso de fertilizantes para abastecer la demanda de nutrientes de los suelos. En este sentido, Europa depende, en gran medida, de los fertilizantes importados, sobre todo de los fertilizantes de nitrógeno y fosfato. Para evitar el uso de fuentes primarias en la fertilización de los campos se están desarrollando nuevas alternativas relacionadas con la revalorización de residuos. Así, los purines y/o aguas de matadero tienen un enorme contenido en nutrientes que pueden ser recuperados y que, si no se gestionan adecuadamente, pueden causar serios problemas de contaminación en el medio. De hecho, la descarga directa de estos vertidos al medio reduce el oxígeno disuelto presente en las aguas superficiales pudiendo causar la muerte de organismos acuáticos además de suponer un peligro para la salud humana y animal por su contenido en microorganismos patógenos (Zhou et al., 2018; Andriamanohiarisoamanana et al., 2018).

Los efluentes derivados de mataderos se generan en grandes cantidades y se caracterizan por un alto contenido en materia orgánica (sangre, piel, grasas, estiércol) con una importante carga de nutrientes que debe ser eliminada previamente a ser descargados en las aguas superficiales. En concreto, según Eurostat, durante el período 2013-2015 se generaron 35 y 12 ·10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> de agua residuales de aguas de matadero de cerdo y ganado respectivamente, lo que equivale a 2,68 ·10<sup>8</sup> y 9,2 ·10<sup>7</sup> kg DQO y 2,2·10<sup>7</sup> y 7,3·10<sup>6</sup> kg de nitrógeno respectivamente.

Por esta razón, en el proyecto **Water2REturn** se propone un proceso integrado a escala real para la recuperación de nutrientes de las aguas residuales de matadero. Los objetivos principales a alcanzar incluyen: (i) la implementación del proceso a escala real; (ii) elaboración de fertilizantes y bioestimulantes; (iii) reducción de los efectos adversos ambientales de la emisión de nutrientes y el vertido de aguas residuales; (iv) reducción de residuos en los vertederos; (v) autosuficiencia energética de las plantas de tratamiento de las aguas de matadero y (vi) promoción rápida y extensa de los productos derivados del proceso “**Water2REturn**” (fertilizantes y bioestimulantes) en el mercado.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Origen de las muestras

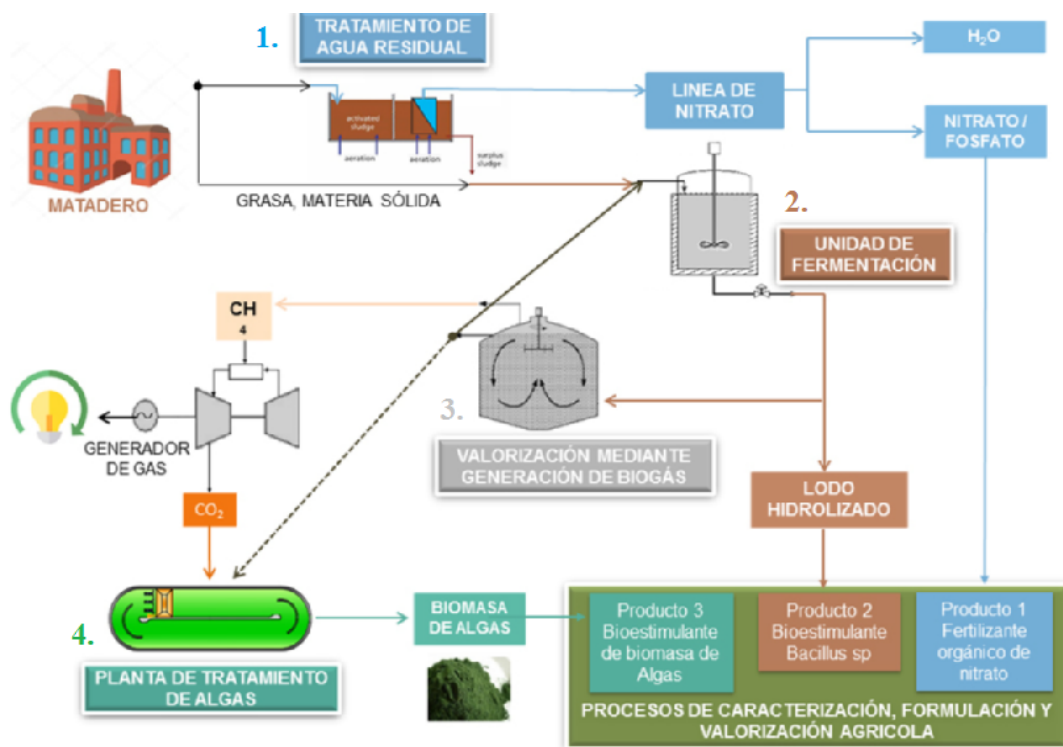
Las aguas residuales utilizadas en este proyecto proceden de la empresa Matadero del Sur S.A. localizada en Salteras (Sevilla, España) que presenta tres líneas de sacrificio: bovino, porcino y ovino-caprino, una sala de despiece y envasado, fábrica de embutidos y una planta de loncheado.

### 2.2 Proceso de tratamiento propuesto y agentes participantes

El proceso de tratamiento propuesto implica la participación de diferentes instituciones públicas y privadas que trabajan conjuntamente para la optimización de cada operación implicada en el proceso de revalorización de biomasa y energía.

La coordinación del proyecto se llevará a cabo por la empresa BIOAZUL que actúa como intermediario entre los socios y la comisión europea.

Ésta además gestionará el grupo de gestión de innovación. Además se encargará de identificar los posibles procesos y productos patentables. Las diferentes operaciones del proceso utilizado para la revalorización de las aguas residuales de matadero se presentan en la Figura 1.



**Figura 1. Procesos utilizados en la revalorización de aguas residuales de matadero y productos obtenidos.**

### 1. **Tratamiento de agua residual.**

El tratamiento de las aguas residuales brutas del matadero comienza en un reactor biológico secuencial (SBR) que opera en discontinuo con las siguientes etapas: llenado del reactor, reacción, sedimentación y vaciado. Este sistema presenta ciertas ventajas frente a los tratamientos convencionales como son su flexibilidad y facilidad de operación, posibilidad de eliminar nutrientes (N y P) a altas tasas y la posibilidad de optimizar el consumo de energía. El SBR se diseñará con una capacidad diaria de 50 m<sup>3</sup> y estará precedido por un tamiz rotativo de finos para el desarenado y una unidad de eliminación de grasas. Tanto las grasas recogidas como el lodo formado tras el tratamiento aerobio del residuo pasan a un fermentador. Además, el clarificado generado pasa por la línea de nitrato donde se recupera nitrato y fosfato en forma de sales solubles para la formulación de fertilizantes (producto 1). Este paso será llevado a cabo en conjunto por la empresa BIOAZUL y CENTA (Centro de Nuevas Tecnologías del Agua).

### 2. **Fermentación del lodo.**

La etapa de fermentación se llevará a cabo en reactores inoculados con la cepa *Bacillus licheniformis* desarrollado por el grupo de investigación de Tecnologías y aplicación de enzimas de la USE. La finalidad principal de esta etapa es higienizar (eliminar patógenos) e hidrolizar el lodo consiguiendo que los productos orgánicos obtenidos sean más biodisponibles. Además, se propone la formulación del producto formado por *B. licheniformis* como bioestimulante agronómico (Producto 2). La unidad de fermentación constará de dos subunidades portátiles de pretratamiento y una unidad de fermentación compuesta básicamente por un biorreactor.

### 3. **Digestión anaerobia.**

El lodo hidrolizado pasa a la unidad de digestión anaerobia usando también la tecnología SBR, en este caso anaerobia (ASBR), con el fin de producir biogás (sobre todo CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>). El CH<sub>4</sub> pasará entonces a una celda de cogeneración catalítica a alta temperatura para producir H<sub>2</sub>. Por otro lado, el efluente clarificado rico en nutrientes (N y P) servirá de medio de cultivo para el crecimiento de microalgas (Producto 3). El proceso completo de revalorización energética del lodo en forma de biogás será desarrollado en conjunto con el Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente de la Universidad de Cádiz y la empresa ADVENTECH.

### 4. **Tratamiento con microalgas.**

La captación del CO<sub>2</sub> generado en la digestión anaerobia será posible gracias a la acción fotosintética de las microalgas. Con tal fin se utilizará un difusor innovador de CO<sub>2</sub> para optimizar la difusión de CO<sub>2</sub> en estanques de microalgas de 500 m<sup>2</sup> de superficie. A su vez, en los estanques de algas se pretende recuperar el nitrógeno y fósforo que puedan quedar en el efluente digerido. Se utilizará para ello una tecnología AlgaBioGas (ABG) validada en el marco del proyecto de eco-innovación y de aplicación comercial.

El sistema ABG consiste en estanques de algas (estanque de inoculación y estanque principal) con un sistema de control totalmente automático que mide los parámetros de entrada y salida de agua. Los encargados de esta etapa del proceso serán las empresas del consorcio especializadas en tecnologías de algas y ALGEN. La tecnología se diseñará como un módulo a gran escala en Matadero del Sur.

La empresa KIMITEC junto con la Universidad de Sevilla y la Universidad de Liubliana llevarán a cabo una exhaustiva caracterización físico-química y biológica de los productos 1, 2 y 3 así como la formulación de los mismos con el fin de mejorar su estabilidad y rendimiento. Posteriormente, se realizarán pruebas de germinación con diferentes cultivos tanto en invernaderos como en campos en 4 localizaciones geográficas diferentes (España, Lituania, Rumania y Eslovenia) gracias a la experiencia en nutrición vegetal y fertilidad del suelo de UL y la colaboración de SLOROM. Además la gran red de industrias cárnicas UECBV en conjunto con empresas como ELO y ENCO conseguirán que estos productos se sitúen en el mercado llegando a los consumidores finales.

### 3. RESULTADOS

Los principales resultados esperados tras la aplicación del proceso global de tratamiento propuesto de las aguas de matadero se presentan a continuación.

- Tasas de recuperación del 99% y 70% de N y P, respectivamente.
- Aumento de la producción de metano a niveles de 78% a bajas temperaturas.
- Generación de 394 kWh/día a partir del metano producido.
- Producción de 5kg DM de biomasa algal /día / 500 m<sup>2</sup> de cultivo (biofertilizante).
- Producción de bioestimulante basado en *B. subtilis*: 23,5 kg DM/día.
- Recuperación de prácticamente el 100% del contenido orgánico de las aguas residuales de matadero, lo que se traduce en una reducción del transporte de residuos de un 80%.
- Reducción del consumo de energía en los procesos de tratamiento de aguas.
- Operación a unas condiciones de emisión 0 de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>).
- Generación ecológica y posterior formulación de 3 materias primas secundarias con alto valor agrícola: sales de nitrógeno, bioestimulante basado en bacterias y biofertilizante basado en microalgas.

Así, la aplicación del proyecto **Water2REturn** supondrá una menor dependencia de los países europeos en cuanto a las fuentes primarias de nutrientes y, por tanto, una reducción del 0,6-4,19% en cuanto al número de importaciones. Además, el uso de los bioestimulantes obtenidos incrementa la eficiencia de los mismos en un 5-25% y, por tanto, se reduce su consumo en un 68%. Adicionalmente, la emisión de nutrientes (sobre todo N y P) al cauce público se verá reducida y asimismo las zonas potencialmente eutrofizadas.

De esta forma se cierra el círculo de producción y consumo de nutrientes mediante una reutilización de más del 90% de las aguas residuales del sector de productos cárnicos y se deja abierta la posibilidad de trasladar este esquema de tratamiento a otros sectores industriales. El hecho de abordar y controlar todo el proceso a escala industrial proporcionará datos reales fiables de los procesos de recuperación y valorización de nutrientes incluyendo costes de operación, volumen de producción y calidad de los productos obtenidos. Esto permitirá extrapolar los resultados al tratamiento de otros vertidos y generar conocimiento en el mundo científico-tecnológico.

Por otro lado, la introducción de nuevos productos de alta rentabilidad y competitividad al mercado permitirá la creación de nuevos puestos de trabajo relacionados con la ingeniería de tratamiento de aguas residuales y diseño y formulación de fertilizantes y bioestimulantes en el sector cárnico. Esto incrementará el beneficio de pequeñas y medianas empresas dedicadas a la aplicación de nuevas tecnologías ecoinnovadoras. Todo ello contribuye a un mayor posicionamiento de este tipo de empresas en el mercado internacional, una mayor confianza en el mundo de la consultoría empresarial y la protección del “know-how” desarrollado.

El trabajo conjunto entre una empresa real y grupos de investigación de entes públicos y privados ayuda a identificar posibles barreras técnicas y operacionales del proceso optimizando el potencial comercial y asegurando la introducción en el mercado de esta propuesta innovadora. Además el resultado de los análisis económico, social y de riesgos (elaborado por empresas como ISITEC, 2B, EXERGY y/o ELO) en el marco del proyecto promoverá la innovación y la legislación en materia de economía circular en el sector del agua y la agricultura. Así, el proyecto cumple con las expectativas de la economía circular en materia de medio ambiente, agricultura y salud, según marcan las legislaciones vigentes en la Unión Europea

## 4. CONCLUSIONES

Los elevados niveles de recuperación de nutrientes y generación de energía previstos en el proyecto **Water2REturn** lo señalan como un proyecto vanguardista que integra los mayores avances de los últimos años en tecnología de bioprocesos adaptados a la industria cárnica.

La participación de un consorcio de empresas y grupos científicos de reconocida experiencia en la ingeniería de aguas y en el sector de producción de fertilizantes permitirá proponer soluciones avanzadas para la reutilización de los nutrientes de interés agronómico presentes en las aguas residuales evitando el consumo de energía o la emisión de gases contaminantes.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto Europeo H2020 (Grant Agreement No. 73098), REcovery and REcycling of nutrients TURNing wasteWATER into added-value products for a circular economy in agriculture (Water2REturn)

## Referencias

Andriamanohiarisoamanana, FJ, Saikawa, A , Kan, T., Qi, G., Pan, Z., Yamashiro, T., & Umetsu, K. (2018). Semi-continuous anaerobic co-digestion of dairy manure, meat and bone meal and crude glycerol: Process performance and digestate valorization. *Renewable Energy*, 128, 1-8.

EBIC, 2014. EBIC POSITION PAPER, Biostimulants – A Key Enabling Technology for the Circular Economy. Descargable de: <http://www.biostimulants.eu/positions/>

EUROSTAT (2013-2015) Slaughterhouses wastewater production. Descargable de: <https://ec.europa.eu/eurostatH2020-CIRC-2016TwoStage> (2017)

REcovery and REcycling of nutrients TURNing wasteWATER into added-value products for a circular economy in agriculture (Water2Return) Ref: 730398, ANNEX 1 Innovation action. Zhou, M., Yan, B., Wong, J. W., & Zhang, Y. (2018). Enhanced volatile fatty acids production from anaerobic fermentation of food waste: a mini-review focusing on acidogenic metabolic pathways. *Bioresource technology*, 248, 68-78.