

# Gestión mancomunada de lodos y purines mediante co-digestión anaerobia combinada con cavitación y ozonización

Autores: E. Zuriaga-Agustí<sup>1\*</sup>, J.G. Berlanga<sup>1</sup>, I. Pastor<sup>1</sup>, C.I. Martínez<sup>1</sup>, G. Silvestre<sup>2</sup>, J. Claros<sup>2</sup>, C. García<sup>3</sup>, J.L. Aranda<sup>4</sup>, I. Solís<sup>4</sup>, M. Abellán<sup>5</sup>, P. Simón<sup>5</sup>

<sup>1</sup> FACSA, Sociedad de Fomento Agrícola Castellonense, C/ Mayor, 82-84, 12001 Castellón.

<sup>2</sup> AINIA, Parque tecnológico de Valencia C/ Benjamin Franklin, 5-11, 46980 Paterna, Valencia.

<sup>3</sup> CEBAS-CSIC, Campus Universitario de Espinardo, 30100 Espinardo, Murcia.

<sup>4</sup> IPROMA, Investigación y Proyectos Medio Ambiente, Cno. de la Raya, 46, 12006 Castellón.

<sup>5</sup> ESAMUR, Entidad de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia, Pl. Juan XXIII, Murcia.

ezuriaga@facsa.com

## Resumen

Uno de los principales problemas de las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDARs) es la producción de fangos, que implica aproximadamente el 50% de su coste de operación. Por otro lado, los purines generados en las granjas representan un gran problema medioambiental, como consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación de los acuíferos por nitratos. Estas problemáticas conllevan que ambos residuos deban ser convenientemente gestionados. Por otro lado, tanto el lodo como el purín representan una fuente de materia orgánica que puede ser valorizada. El proyecto LIFE STO3RE pretende diseñar y validar un sistema de gestión mancomunado de ambos residuos, de modo que sea un proceso sostenible y autosuficiente.

La tecnología que se propone combina la co-digestión anaerobia en doble fase de temperatura (digestor termófilo seguido de digestor mesófilo) con la oxidación con ozono y cavitación hidrodinámica. El efecto sinérgico de ambos tratamientos permite acelerar la etapa de hidrólisis, aumentando la degradación de los microcontaminantes, reduciendo el contenido en patógenos y maximizando la producción de biogás.

El objetivo final de LIFE STO3RE es proteger el medio ambiente de la contaminación causada por nitratos, patógenos y microcontaminantes de difícil eliminación, presentes tanto en los fangos de las EDARs como en los purines de las granjas. Paralelamente, se pretende obtener dos productos de valor añadido, como son el biogás, que se podrá utilizar como fuente de energía, y un fertilizante con buenas propiedades agronómicas. Adicionalmente, se pretende que dicho fertilizante cumpla con la futura Directiva de la Unión Europea de aplicación de fangos en agricultura, por lo que en todo momento se monitorizará el contenido en patógenos y microcontaminantes seleccionados de muestras del biofertilizante obtenido, para valorar el grado de cumplimiento del mismo, teniendo como base el actual borrador de Directiva.

**Palabras Clave:** biogás, digestión anaerobia, fango, purín, fertilizante

## Introducción

Los lodos generados en las EDARs representan un residuo que debe ser tratado y gestionado para cumplir con el Real Decreto 1310/1990. Generalmente, se tratan en la propia EDAR para reducir su contenido acuoso y microorganismos patógenos y estabilizar la materia orgánica, mediante digestión anaerobia, compostaje o estabilización aerobia. En España, según los datos del Registro Nacional de Lodos, se producen anualmente alrededor de 1.200.000 t (en materia seca), siendo el principal destino el uso agrícola (aproximadamente el 80% de los fangos generados), seguido de la deposición en vertederos y la incineración y valoración energética.

Por otro lado, el sector porcino en España ostenta el cuarto puesto a nivel mundial en producción de carne de cerdo. Como consecuencia de ello se genera purín de cerdo, uno de los residuos que actualmente presenta grandes problemas medioambientales. Estos purines generan emisiones de gases de efecto invernadero, malos olores y contaminación tanto de

suelos como de aguas superficiales y subterráneas, debido principalmente a la elevada concentración de nitrógeno amoniacal que presenta. Los problemas medioambientales derivados de los purines han provocado que se esté regulando su aplicación en agricultura y que se estén buscando vías para su tratamiento, gestión y valorización.

Tanto el purín de cerdo como el lodo de depuradora, contienen gran cantidad de materia orgánica y nutrientes, que pueden ser valorizados si se aplica un adecuado tratamiento. En el proyecto LIFE STO3RE (Synergic TPAD and O<sub>3</sub> process in WWTPs for Resource Efficient waste management) se pretende desarrollar una planta que centralice la gestión de ambos residuos y obtenga, por un lado biofertilizante para uso agrícola y enmienda de suelos y por otro, biogás que permita que la planta sea autosuficiente energéticamente.

### Materiales Y Métodos

En la Figura 1 se muestra el esquema de la planta demostrativa LIFE STO3RE, la cual se va a ubicar en la EDAR de Totana (Murcia). En esta planta se pretende gestionar lodos procedentes de 6 EDARs y purín de 5 granjas porcinas. El emplazamiento ha sido seleccionado dado el gran número de explotaciones porcinas en la zona.

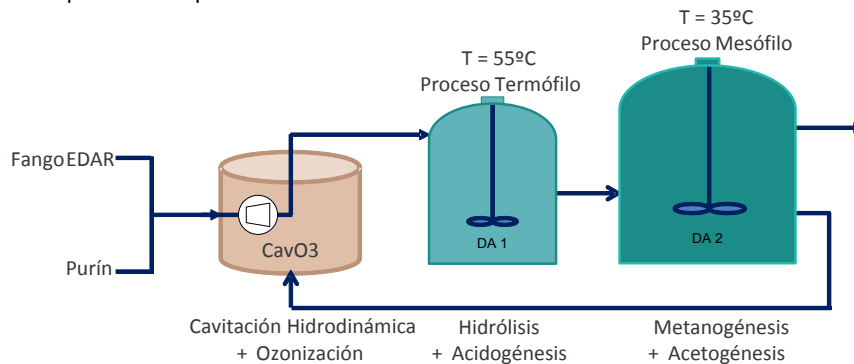


Figura 1: Esquema de la planta LIFE STO3RE

La instalación estará formada por una unidad de digestión anaerobia de doble fase de temperatura. El proceso de degradación de la materia en la digestión anaerobia en doble fase, se inicia en un primer reactor termófilo (55°C) de 5 m<sup>3</sup> de capacidad, donde tiene lugar el proceso de hidrólisis de la materia orgánica: conversión de polímeros orgánicos insolubles a moléculas más simples como azúcares, aminoácidos, ácidos grasos simples, etc., y posterior acidogénesis. En un segundo reactor mesófilo (35°C) de 10 m<sup>3</sup> de capacidad tendrán lugar los procesos de acetogénesis y metanogénesis, obteniendo el biogás, que se compone principalmente de la mezcla de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub>. El propósito de la separación de fases es maximizar la producción del biogás en el segundo digestor, que trabajará a un mayor tiempo de retención hidráulico (TRH) que el primero. Para maximizar la generación de biogás el sistema LIFE STO3RE buscará las sinergias de este proceso junto con los procesos de ozonización y cavitación hidrodinámica del fango de EDAR y purín.

La ozonización como pretratamiento consigue incrementar la producción de biogás debido a su efecto sobre la solubilización de la materia orgánica contenida en el sustrato. Dependiente del tipo de sustrato orgánico se pueden encontrar rangos amplios de solubilización que se traducen en posteriores producción de biogás. Chu et al., (2009) consiguieron hasta un 30% de solubilización empleando dosis de 0,02gO<sub>3</sub>/gSST. Otra ventaja que se ha observado en la aplicación de O<sub>3</sub> es la reducción del contenido en patógenos y la reducción de contaminantes emergentes y prioritarios en el ámbito de la política de aguas, según Directiva 2013/39/UE.

Previo a la operación en planta demostrativa, se han realizado *ensayos batch* a escala de laboratorio para determinar la dosis de O<sub>3</sub> que proporcione mejores rendimientos en la producción de biogás (solubilizar la materia orgánica sin llegar a mineralizarla), reducción del

contenido en patógenos y microcontaminantes. Paralelamente, se están llevando a cabo *ensayos en continuo* en dos fases de digestión anaerobia, para determinar las condiciones de operación (velocidad de carga orgánica y TRH) que maximicen la producción de biogás respecto a un sistema de digestión en una sola fase en temperaturas mesófilas, y que a la vez produzca un sistema biológico estable.

Para ello, se ha simulado el proceso en 2 digestores anaerobios calorifugados de 30 L, que cuentan con la monitorización de caudal y composición de biogás, potencial redox, temperatura y pH. Periódicamente, se ha analizado el lodo para determinar la concentración de AGV, nitrógeno amoniacal, concentración de sólidos volátiles y totales, relación de alcalinidad, etc.

Inicialmente, en relación a los microcontaminantes orgánicos y con objeto de obtener información sobre el contenido que presentan los fangos y purines a tratar, se ha realizado un screening sobre las muestras integradas, empleando técnicas cromatográficas acopladas a la espectrometría de masas de alta resolución (Hernández et al., 2015).

El plan logístico para enviar las muestras a la EDAR de Totana se ha calculado utilizando un programa de optimización de rutas, GAMS. El criterio seguido ha sido minimizar las emisiones de CO<sub>2</sub>. Para ello, se plantearon diferentes escenarios con camiones de 34 t, 28 t, 26 t y 20 t.

### Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se muestra la producción de purines y fangos en exceso producidos anualmente, así como también el porcentaje de sólidos totales (ST) y volátiles (SV).

Tabla 1: Producción de purines y fangos en las plantas seleccionadas

	Granja 1	Granja 2	Granja 3	Granja 4	Granja 5
Cabezas de ganado/año	2600	2000	4800	820 madres/ 20000 lechones	3500
Purín (m <sup>3</sup> )	5590	4300	10480	12382	7525
ST (%)	5.19	10	1.49	7.33	2.25
SV (%)	68	70	54	41	49

	Fango 1 Aledo	Fango 2 Alhama	Fango 3 Librilla	Fango 4 Mazarrón	Fango 5 Puerto L.	Fango 6 Totana
Q (m <sup>3</sup> /año)	35.139	994.596	227.815	2.467.521	465.912	1.684.947
Fango (Tn)	1.494	1.937,97	338,65	2.730,36	1.367,92	4.302,08
ST (%)	1,2	16,0	17,0	19,9	14,9	17,6
SV (%)	70	88,1	67,8	76,5	64,8	57,1

A continuación, se muestran los resultados preliminares obtenidos en los ensayos de ozonización en condiciones batch y los primeros periodos de digestión anaerobia en continuo en una configuración de dos fases biológicas y de temperatura.

#### Ensayos batch de digestión anaerobia: Selección de la dosis de ozono

En la Figura 2 se muestran los ensayos batch de digestión anaerobia aplicando distintas dosis de ozono, así como distinta concentración de ST en la mezcla de lodos y purines. Los datos indican que a priori la mejor dosis encontrada ha sido al aplicar 0.063 g O<sub>3</sub>/g ST, cuando mayor es la concentración de la mezcla de lodos y purines (al 7% en ST respecto al 2% ST). El incremento de biogás fue del 12% y del 34% en la muestra ozonizada respecto a la muestra sin ozonizar cuando la mezcla se encontraba al 2 y al 8% de ST, respectivamente.

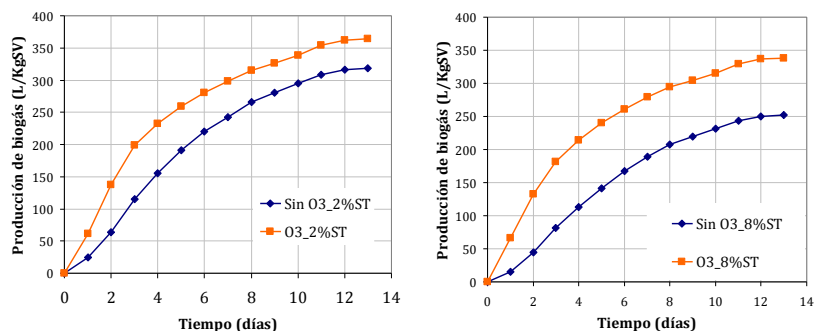


Figura 2. Curva de biogás acumulada obtenida en los ensayos batch de digestión anaerobia aplicando una dosis de O<sub>3</sub> de 0.063 y dos mezcla de co-digestión a distinta concentración de sólidos totales (2% y 8% ST).

### Ensayos continuos de digestión anaerobia en doble etapa de digestión anaerobia

Se han estudiado dos periodos de digestión distintos, en los cuales se ha variado la mezcla de co-digestión, lodos y purines. El TRH aplicado fue de 23 días (hidrolítico 8 d y el metanogénico 15 d). En la Figura 3 se muestra la producción de CH<sub>4</sub> comparando una fase con doble fase, observándose que la doble fase maximiza la producción de metano.

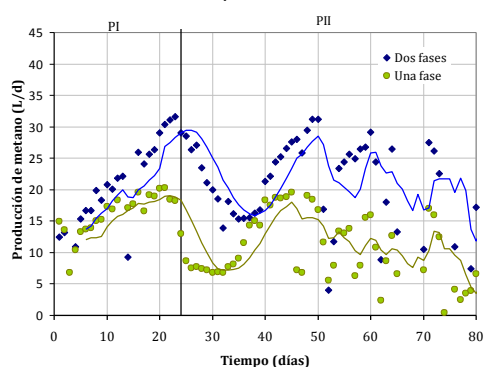


Figura 3. Producción de biogás en ensayo continuo en una fase y en dos fases

Del resultado del screening de microcontaminantes orgánicos, que confirma la presencia de numerosos compuestos, se han seleccionado: Imazalil, Diclofenac, Nonylphenol ethoxylate (NPE), Oxytetracycline y Sulfadiazine. Sobre ellos se estudiará el efecto del tratamiento.

De acuerdo con los resultados obtenidos con GAMS, los mejores resultados se obtuvieron con el camión de 20 t, realizando la recogida de residuos semanalmente.

### Conclusiones

LIFE STO3RE espera dar soluciones a algunas de las "cuestiones estratégicas" de las políticas medioambientales europeas y españolas, puesto que supondrá una mejora con respecto a los actuales sistemas de digestión de las plantas depuradoras de aguas residuales. Las principales novedades, consisten en aumentar la generación de biogás para autoconsumo energético y reducir las emisiones de contaminantes orgánicos persistentes y microbiológicos utilizando la digestión en doble fase de temperatura combinada con dosificación de ozono y la cavitación.

### Agradecimientos

El proyecto LIFE STO3RE está cofinanciado bajo el acuerdo LIFE/14ENV/ES/000150.

### Referencias

- Hernández F, Ibáñez M., Portolés T., Cervera M.I., Sancho J.V., López J.L. (2015), *Advancing towards universal screening for organic pollutants in waters*, *J. Hazard. Mat.*, 282, 56-95.
- Libing Chu., Jianlong Wang., Bo Wang., Xin-Hui Xing ., Sangtian Yan., Xulin Sun., Benjamin Jurcik (2009) *Changes in biomass activity and characteristics of activated sludge exposed to low ozone dose*, *Chemosphere* 77, 269–272.