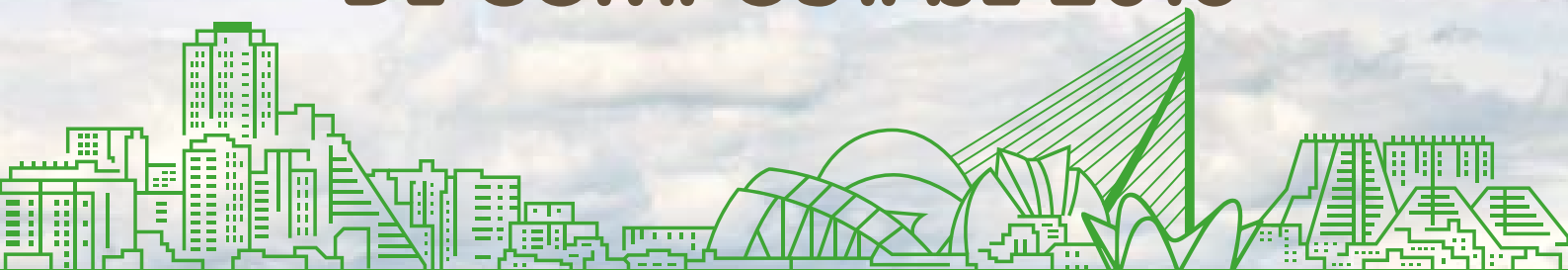


VALENCIA, 14 AL 16 NOVIEMBRE 2018



JORNADAS RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE 2018



GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS ORGÁNICOS.
PONIENDO EN MARCHA LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LA SOCIEDAD



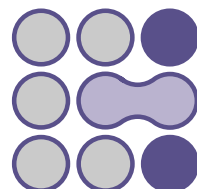
Organiza:



global omnium

ivia

Instituto Valenciano
de Investigaciones Agrarias



COMPOSTAJE
RED ESPAÑOLA

Gestión integral de residuos orgánicos.
Poniendo en marcha la economía circular
en la sociedad

Editores:

Remedios Albiach Vila
Rodolfo Canet Castelló
Tatiana Montoya Martínez
Ana Pérez Piqueres
Ana Quiñones Oliver
Pedro Rojo Jarabo

Editado por:

Red Española de Compostaje

© 2018. Los autores
© 2018. Red Española de Compostaje



Edita: Red Española de Compostaje
R. Albiach Vila, R. Canet Castelló, T. Montoya Martínez, A. Pérez Piqueres, A. Quiñones Oliver, P. Rojo Jarabo (eds.)
Gestión integral de residuos orgánicos. Poniendo en marcha la economía circular en la sociedad
Red Española de Compostaje, 2018, 570 pp.
ISBN: 978-84-09-09152-2

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito de los titulares de Copyright.

OPTIMIZACIÓN DE LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA DE LODOS MEDIANTE CODIGESTIÓN CON UN SUSTRATO AGROINDUSTRIAL

Montserrat Pérez, María Luisa Muñoz, Diego Sales, Rosario Solera

Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, IVAGRO, Campus de Puerto Real Universidad de Cádiz, montserrat.perez@uca.es

RESUMEN: El objetivo principal de este trabajo es optimizar la co-digestión anaerobia mesofílica de lodos y vertidos de un matadero industrial en términos de depuración de materia orgánica y rendimiento de generación de biogás. Para ello se estudió el efecto de un aumento en la velocidad de carga orgánica (VCO) reduciendo el tiempo hidráulico de retención (THR) desde 15 a 3 días en un digestor SBR a escala de laboratorio. Los resultados experimentales indican que para los valores de THR de 5 y 4 días el consumo de materia orgánica es superior al 60% DQO y 70%SV mientras que a THR de 3 días se produce un acusado descenso en la eliminación de materia orgánica, indicativo de la desestabilización del digestor en esas condiciones. Asimismo, un incremento de carga orgánica aplicada al digestor provoca un incremento de la generación de metano superando valores de $0,2 \text{ LCH}_4 \text{ L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ para los THR de 5 y 4 días. Un posterior incremento de la carga orgánica a THR 3 días supone la desestabilización del proceso, según puede observarse por la caída acusada en la producción de metano.

PALABRAS CLAVE: Co-digestión anaerobia, biogás, tiempo hidráulico de retención (THR), lodos de matadero, aguas residuales de matadero.

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de digestión anaerobia permite gestionar grandes cantidades de lodos de EDAR generando energía y un residuo final con fines agronómicos. La digestión anaerobia conjunta de lodos de depuradora y vertidos de la industria alimentaria presenta las ventajas de compartir instalaciones de tratamiento, unificar metodologías de gestión, reducir costes de inversión y explotación y amortiguar las variaciones temporales de composición y producción de cada residuo por separado.

La Universidad de Cádiz es un ejemplo del compromiso e interés por la valorización energética de los residuos orgánicos y lodos. Actualmente, el Grupo de Investigación Tecnología del Medio Ambiente (TEP-181 PAIDi) está desarrollando 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) en concordancia con el tema planteado.

El objetivo principal de este trabajo es seleccionar las mejores condiciones de operación para la digestión de una mezcla de lodos de depuración de vertidos de matadero junto con los propios vertidos del matadero (50:50) en términos de generación de biogás y rendimiento de metano en un digestor secuencial anaerobio por lotes (AnSBR) en condiciones mesofílicas.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Alimentaciones y equipos utilizados

La experimentación se realiza en un digestor anaerobio secuencial (AnSBR) a escala de laboratorio (2 litros de volumen útil), con un ciclo de operación diario. Las etapas de funcionamiento

del proceso discontinuo se describen a continuación: llenado (1 minuto), reacción (23,5 horas), sedimentación (28 minutos) y vaciado (1 minuto). La Figura 1 presenta una imagen del digestor AnSBR.



Figura 1. Digestor AnSBR a escala laboratorio utilizado en el estudio

La alimentación utilizada consiste en una mezcla 50:50 de agua bruta de matadero procedente de Matadero del Sur (Salteras-Sevilla) y el sobrenadante de lodos de matadero pre-tratados térmicamente a 120°C, suministrados por la Universidad de Sevilla. Las características de los efluentes y de la mezcla se recogen en la Tabla 1 (las medidas se realizan por triplicado y se presenta el valor medio).

Tabla 1. Principales características de las alimentaciones utilizadas.

AGUA BRUTA DE MATADERO	
DQO _{total} (g L ⁻¹)	9,10±0,09
DQO _{soluble} (g L ⁻¹)	4,47±0,03
ST (g L ⁻¹)	7,54±0,12
SV (g L ⁻¹)	3,45±0,06
SOBRENADANTE DE LODOS DE MATADERO	
DQO _{total} (g L ⁻¹)	16,20±0,15
DQO _{soluble} (g L ⁻¹)	16,01±0,18
ST (g L ⁻¹)	9,80±0,26
SV (g L ⁻¹)	8,91±0,19
MEZCLA DE AGUA BRUTA Y SOBRENADANTE DE LODOS (50:50)	
DQO _{total} (g L ⁻¹)	11,21±0,28
DQO _{soluble} (g L ⁻¹)	7,99±0,09
ST (g L ⁻¹)	8,58±0,12
SV (g L ⁻¹)	5,56±0,08

2.2. Metodología de la experimentación

Se ha procedido a estudiar el comportamiento del digester AnSBR para diferentes cargas orgánicas aplicadas al proceso por reducción del THR desde 15 días hasta desestabilización del mismo (15-10-5-4-3 días). Las características de operación de las diferentes etapas experimentales se recogen en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2. Características de funcionamiento de las etapas experimentales estudiadas

Tiempo de operación	THR, d	VCO (gDQO L ⁻¹ ·d ⁻¹)	VCO (gSV L ⁻¹ ·d ⁻¹)
1-8 d	15	0,64±0,05	0,39±0,01
9-22 d	10	1,13±0,07	0,52±0,03
23-33 d	5	2,17±0,15	1,12±0,09
34-47 d	4	2,79±0,18	1,45±0,14
48-56 d	3	4,40±0,25	1,83±0,17

La metodología analítica fue la siguiente: dos veces por semana se midieron: pH, DQO (Demanda Química de Oxígeno), TS (sólidos totales), SS (sólidos en suspensión) y Ácidos Grasos Volátiles (AGV). Diariamente se evaluó la cantidad de biogás generado y su composición (principalmente CH₄ y CO₂).

Las determinaciones analíticas se realizaron de acuerdo con los métodos estandarizados (APHA, AWWA, WPCF, 1995).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales resultados experimentales en relación a la eliminación de materia orgánica (medida como DQO y Sólidos) se presentan en las Figuras 2a y 2b.

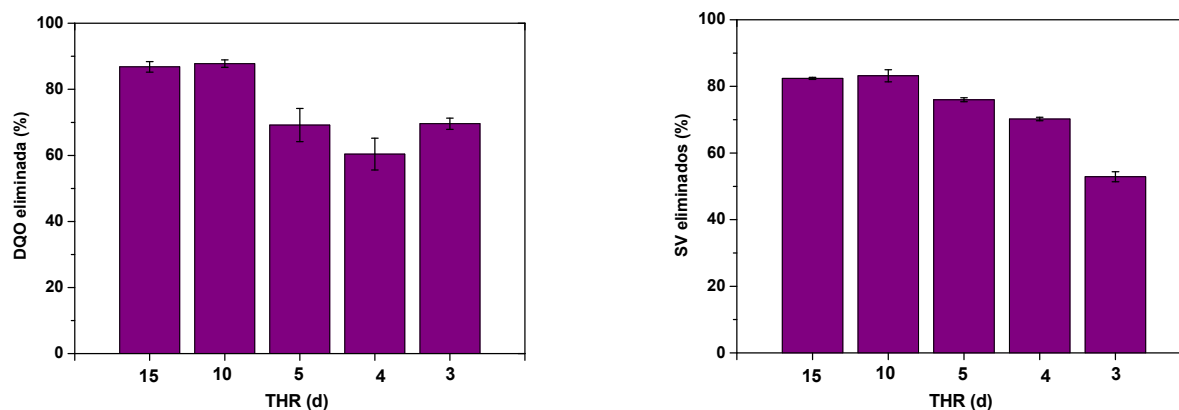


Figura 2. a) Evolución de la eliminación de DQO (%) en las diferentes etapas experimentales estudiadas; b) Evolución de la eliminación de sólidos volátiles (%) en las diferentes etapas experimentales estudiadas.

Como puede observarse, el descenso del THR aplicado al sistema provoca una disminución de la eficacia depurativa tanto en términos de DQO como de SV. Para los valores de THR 5 y 4 días el consumo de materia orgánica es superior al 60% DQO y 70%SV. El THR de 3 días provoca un descenso acusado en la eliminación de materia orgánica. No obstante, no se detectan concentraciones apreciables de AGV en ninguna etapa del proceso.

Los principales resultados experimentales en relación a la generación de metano (medida como $L \cdot L^{-1} \cdot d^{-1}$) para las diferentes condiciones de THR estudiadas se recogen en las Figuras 3a y 3b.

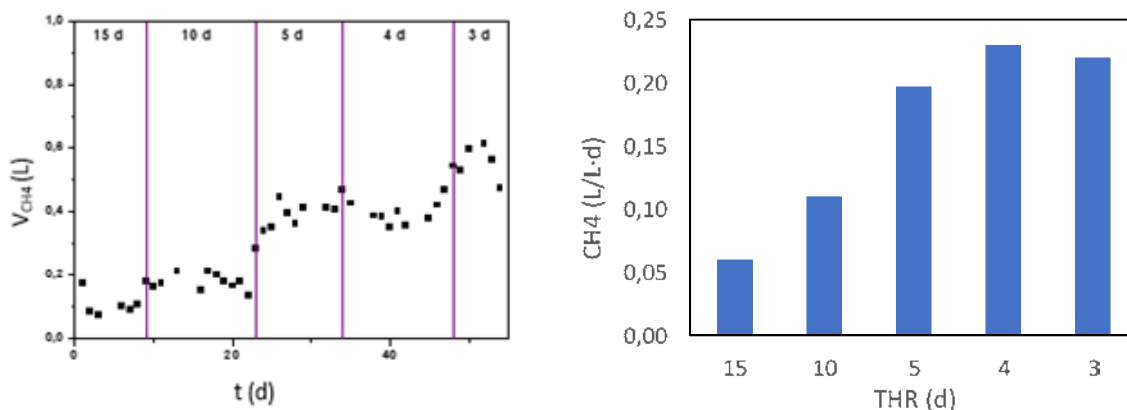


Figura 3. a) Evolución temporal de la generación de metano en las diferentes etapas experimentales estudiadas; b) Valor medio de la generación de metano para cada THR estudiado.

Como puede observarse en las figuras, el incremento de carga orgánica aplicada al digestor provoca un incremento de la generación de metano superando valores de $0,2 LCH_4 L^{-1} \cdot d^{-1}$ para los THR de 5 y 4 días. Un posterior incremento de la carga orgánica a THR 3 días supone la desestabilización del proceso, según puede observarse por la caída acusada en la producción de metano. En general, la composición del biogás generado ($\%CH_4$ y $\%CO_2$) es la típica de los procesos anaerobios mesofílicos estables.

Los resultados experimentales de productividad de metano (medidos en base a la DQO y Sólidos Volátiles alimentados, $LCH_4 g^{-1}DQO_0$ y $LCH_4 g^{-1}SV_0$) para las diferentes condiciones de THR estudiados se recogen en las Figuras 4a y 4b.

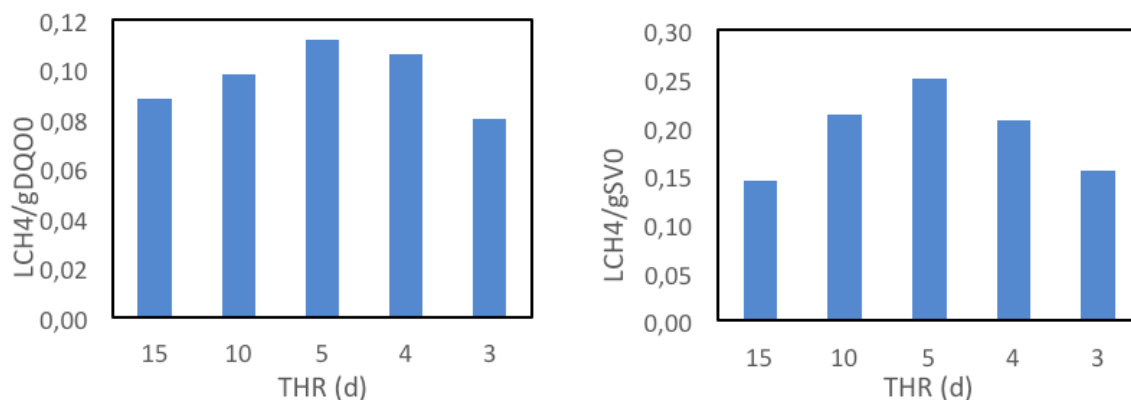


Figura 4. a) Rendimiento de metano (medido como $LCH_4 g^{-1}DQO_0$) en las diferentes etapas experimentales estudiadas; b) Rendimiento de metano (medido como $LCH_4 g^{-1}SV_0$) en las diferentes etapas experimentales estudiadas.

Como puede observarse en las figuras 4a y 4b, los mejores rendimientos de metano (medidos como $\text{LCH}_4 \text{ g}^{-1} \text{DQO}_0$ y $\text{LCH}_4 \text{ g}^{-1} \text{SV}_0$) se obtienen para THR 5 días. Un posterior incremento de carga orgánica aplicada al digester provoca un acusado descenso en la productividad por descenso en la producción de biogás. A THR 3 días se observa la desestabilización del sistema. Estudios desarrollados por otros autores (Hamilton y Steele, 2014), utilizando un reactor a escala piloto en el tratamiento de estiércol muestran similares resultados para la eliminación de materia orgánica y producción de metano a THR de 5 días. Además, estos autores insisten en la robustez del sistema AnSBR ante fluctuaciones de temperatura, VCO o pérdidas accidentales de lodo. Asimismo, Islam y colaboradores (2011) publican la operación de una AnSBR operando con purines a THR 5 días, mostrando porcentajes de depuración de materia orgánica y fósforo superiores a 80%, aunque el sistema no es capaz de depurar más del 35% de nitrógeno amoniacal.

4. CONCLUSIONES

Los resultados experimentales indican que la codigestión anaerobia mesofílica de lodos de depuración de matadero junto con vertidos de matadero puede llevarse a cabo un digester AnSBR (1 ciclo diario de operación) a THR comprendidos entre 5 y 4 días con altos porcentaje de depuración de DQO y SV y elevadas producciones de biogás. Así, para cargas orgánicas entre $2,17\text{-}2,79 \text{ gDQO L}^{-1} \text{ digester} \cdot \text{d}^{-1}$ ($1,12\text{-}1,45 \text{ gSV L}^{-1} \text{ digester} \cdot \text{d}^{-1}$) los porcentajes de depuración son superiores al 60% DQO y 70% SV. Para este rango de cargas orgánicas, los volúmenes de biogás generados son del orden de $0,55 \text{ Lbiogás L}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, con porcentajes de metano del 75%.

5. BIBLIOGRAFÍA

- APHA, AWWA, WEF, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed. Washington, DC, New York, USA
- Hamilton D.W., Steele M.T., 2014. Operation and performance of a farm-scale anaerobic sequencing batch reactor treating dilute swine manure. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 57(5), 1473-1482.
- Islam M.I., Park K.J., Alam Md. J., 2011. Treatment of Swine Wastewater using Sequencing Batch Reactor. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 4 (2), 47-53.

6. 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).