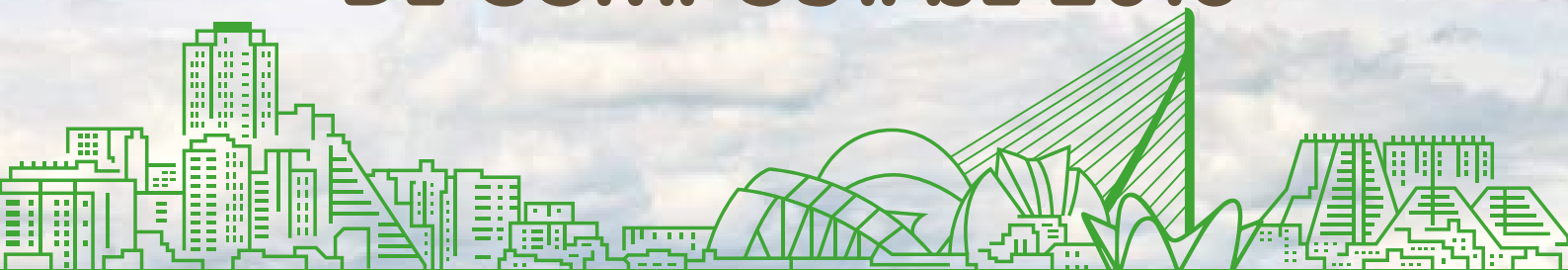


VALENCIA, 14 AL 16 NOVIEMBRE 2018



JORNADAS RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE 2018



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

Organiza:



ivia
Instituto Valenciano
de Investigaciones Agrarias



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.

MEJORA DE LA OBTENCIÓN DE BIOENERGÍA A PARTIR DE LODOS DE DEPURADORA MEDIANTE CO-DIGESTIÓN 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 seleccionar las mejores condiciones para la digestión de una mezcla de lodos de depuración y lixiviados de pulpa de remolacha azucarera (50:50) en términos de generación de biogás y rendimiento de metano. Se utilizó un reactor de tanque agitado operando en semicontinuo (CSTR) a escala de laboratorio y se sometió a un programa de operación estable con tiempos de retención sólidos (TRS) en el rango de 30-6 días y velocidades de carga orgánica (VCO) entre 0,5 y 1,7 kgDQO $\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$. Los resultados experimentales mostraron que una eficiencia de eliminación de materia orgánica de 84,2% de DQO al tratar lodos de EDAR y lixiviados de pulpa de remolacha azucarera a velocidades de carga orgánica de 1,27 kgDQO $\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ (correspondiente a TRS de 10 días). El nivel volumétrico de metano producido en el digestor alcanzó 0,7 m^3CH_4 $\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ y el rendimiento de metano fue 0,64 m^3CH_4 kg^{-1} DQOconsumido. Cuando la VCO fue de 1,69 kgDQO $\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ (TRS-6 días), la eliminación de DQO se redujo a 43,65% con 0,41 m^3CH_4 kg^{-1} DQOconsumido y 0,31 m^3CH_4 $\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$.

PALABRAS CLAVE: Co-digestión anaerobia, pulpa de remolacha azucarera, lodos de depuradora, CSTR reactores de tanque continuamente agitados.

1. INTRODUCCIÓN

La depuración de aguas residuales supone la generación de lodos que crean ciertas complicaciones en las EDAR debido a su almacenamiento y gestión. Actualmente, una de las tecnologías más usadas para convertir este residuo en un recurso es la Digestión Anaerobia (DA) que permite obtener energía renovable en forma de biogás y cubrir así las necesidades energéticas de las plantas de tratamiento. No obstante, el rendimiento energético del proceso es bajo, por lo que se plantea la digestión de lodos de EDAR y otros residuos orgánicos como una opción interesante de cara a alcanzar una mayor eficacia además de otros beneficios complementarios.

La digestión anaerobia conjunta de lodos de depuradora y residuos vegetales de cultivos energéticos 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 (Dar y Tandon, 1987; Dinsdale y col., 2000; Hutnan y col., 2000; Kim y col., 2004).

La Universidad de Cádiz es un claro ejemplo del compromiso e interés actual en la valorización energética de los residuos orgánicos y lodos. En el Departamento de Tecnologías del Medio Ambiente se han desarrollado diversos proyectos que han permitido profundizar en la investigación de este campo de estudio, entre ellos *Digestión anaerobia de lodos de depuradora y residuos de cultivos vegetales energéticos. Estrategias para mejorar producción de biogas y la valorización agronómica del residuo final* (ref. P09-TEP-5275) y *Coproducción de hidrógeno y metano mediante digestión anaerobia de biosólidos y vinazas de vino* (ref. CTM2015-64810-R). El objetivo de

estos proyectos consiste en analizar la influencia de las principales variables de operación sobre la eficacia depurativa del proceso anaerobio. Para ello es necesario estudiar diversos aspectos relacionados con esta tecnología, entre ellos, la puesta en marcha, caracterización del flujo generado en el reactor, selección y optimización del tiempo de retención de sólidos (TRS).

El objetivo principal del presente trabajo es seleccionar las mejores condiciones de operación para la digestión de una mezcla de lodos de depuración y lixiviados de pulpa de remolacha azucarera (50:50) en términos de generación de biogás y rendimiento de metano.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La metodología consistirá en disminuir gradualmente el TRS aplicado al sistema (lo que modificará la velocidad de carga orgánica aplicada al mismo) y evaluar los principales parámetros de operación incluyendo la eficacia depurativa y la generación de biogás y rendimiento energético en cada etapa de operación estable.

2.1. Equipos utilizados

Los reactores utilizados son de 5 litros de capacidad. Están contruidos en vidrio y presentan un encamisado que permite la termostatación del medio por circulación de agua a escala de laboratorio a 35°C. En la parte superior del mismo se acopla una cabeza con cuatro salidas: una para la evacuación del efluente, otra para la recirculación del mismo, otra para una posible medición directa de temperatura y una cuarta para la recogida del biogás generado en bolsas Tedlar. Asimismo, consta de sistemas de bombeo a través de una bomba peristáltica, la recirculación del efluente que se efectúan en sentido ascendente. En la parte inferior, los reactores presentan una salida para el efluente. Para el desarrollo del ensayo utilizan dos unidades de digestión anaerobia (reactores de filtros) de 1,7 y 1,4 litros útiles de capacidad.

2.2. Técnicas analíticas

La determinación de los parámetros físico-químicos se realizaron acorde a lo establecido en el estándar método (APHA-AWWA-WPFC-1995). El biogás fue determinado mediante cromatografía gaseosa.

2.3. Alimentación y fuente de inóculo

Los pellets de coseta de remolacha deshidratados fueron suministrados por la Azucarera Guadalcaín (Grupo Ebro Puleva) de Jerez de la Frontera y lodos de la EDAR Guadalete (Jerez de la Frontera). El inóculo utilizado se tomó del efluente de digestores de laboratorio del Grupo de Investigación.

2.4. Metodología

Para cada tiempo de retención ensayado se realizó un seguimiento analítico de la producción de biogás, de los parámetros físico-químicos característicos del proceso y de los principales grupos microbianos implicados en la digestión anaerobia.

Parámetros de operación iniciales: Alimentación: lixiviado de cosetas de remolacha (10%ST), en operación semicontinua (una dosis al día);

Parámetros de control: Diariamente se midió pH. Dos veces en semana se analizaron: Sólidos Volátiles y Totales, materia orgánica (medida como DQO y COT). El volumen y concentración del biogas se midió a diario. La acidez total (contenido en ácidos grasos volátiles (AGV)) se hizo dos veces por semana mediante cromatografía. Los parámetros microbiológicos se realizaron al inicio y en cada tiempo de retención en condiciones estables.

Se disminuyó el TRS del sistema de forma gradual empezando en el tiempo de operación del proceso mesofílico de lixiviado de coseta de remolacha (11, 10, 8, 6, 4, 3 días). En cada etapa se intentaron alcanzar condiciones estables de operación (medidas en base a la estabilidad del pH, porcentaje de reducción de materia orgánica (%SV), relación acidez/alcalinidad y, fundamentalmente, volumen de biogás (metano) generado.

Se utilizó un reactor de tanque agitado a escala de laboratorio (CSTR) operando en semicontinuo y en rango mesófilo de temperatura (35°C). El reactor se cargó inicialmente con una mezcla de inóculo (procedente de digestores mesofílicos operativos en el grupo de investigación en operación estable) y el sustrato (mezcla de lodos de depuración y lixiviados de pulpa de remolacha azucarera 50:50). Inicialmente, el reactor se alimentó con el sustrato a TRS de 60 días hasta aclimatación del inóculo. Posteriormente, y en base a la información encontrada en la literatura y la experiencia previa del grupo (Fernández y col., 2012), se seleccionaron TRS de 30, 20, 15, 10 y 6 días para llevar a cabo el estudio de optimización de las condiciones de operación. Cada condición se mantuvo durante un período operativo de 3 veces la TRH para garantizar que se alcanzaran las condiciones de estado estable.

La Tabla 1 muestra las características del sustrato utilizado en cada período de operación ensayado, en términos de contenido en materia orgánica (Sólidos totales y volátiles, ST y SV), materia orgánica medida como DQO, así como las velocidades de carga orgánicas aplicadas (en términos de sólidos volátiles y DQO).

Tabla 1. Características del sustrato y VCO (velocidad de carga orgánica) aplicada.

	ST (%)	SV (%)	DQO (kg m⁻³)	VCO (kg DQO m⁻³reactor·d⁻¹)	VCO (kg SV m⁻³reactor·d⁻¹)
30 días-TRS	2,19	1,41	9,9	0,50	1,1·(10 ⁻³)
20 días-TRS	1,71	1,15	10,1	0,67	1,2·(10 ⁻³)
15 días-TRS	1,67	0,97	84,5	0,85	1,8·(10 ⁻³)
10 días-TRS	1,54	0,97	10,1	1,30	2,1·(10 ⁻³)
6 días-TRS	1,83	1,34	10,2	1,70	5,0·(10 ⁻³)

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 recoge los valores de los porcentajes de eliminación de DQO en las diferentes etapas de operación estudiadas. Como puede observarse, los mejores resultados para la eliminación de materia orgánica (calidad del efluente), se obtuvieron a los 10 días-TRS, con un 84,2% de depuración. Un posterior aumento de la carga orgánica supone un empeoramiento de la calidad del efluente con 5,7 kgDQO m⁻³ y un porcentaje de eliminación del 43,6%. En estas condiciones se observa una disminución del pH del medio, presumiblemente debido a la acumulación de AGV en el sistema.

Tabla 2. Porcentaje de eliminación de DQO en las condiciones estudiadas.

	DQO influente (kg m⁻³)	DQO efluente (kg m⁻³)	% DQO consumido
30 días-TRS	9,9	2,21	78,1
20 días-TRS	10,1	2,5	75,0
15 días-TRS	8,5	2,0	76,9
10 días-TRS	10,1	1,6	84,2
6 días-TRS	10,2	5,7	43,6

La Tabla 3 recoge los datos de generación de metano en las diferentes etapas de operación estudiadas. Se recogen datos de generación diaria de metano ($\text{m}^3\text{CH}_4 \text{ d}^{-1}$), rendimiento en base a la DQO eliminada ($\text{m}^3\text{CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ DQOconsumido}$). En general, la generación de metano sigue la misma tendencia que la eliminación de la materia orgánica en el digestor. Así, la mayor producción diaria y productividad se detectaron para la operación a 10 días-TRS, con valores de $3,43 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3\text{CH}_4 \text{ d}^{-1}$ con un promedio de $0,64 \text{ m}^3\text{CH}_4 \text{ m}^{-3}\text{reactor} \cdot \text{d}^{-1}$. Sin embargo, el porcentaje de metano en el la corriente de biogás fue similar para todos los TRS estudiados (más del 59-62%).

Tabla 3. Productividades en diferentes condiciones estudiadas.

	30 días-TRS	20 días-TRS	15 días-TRS	10 días-TRS	6 días-TRS
$\text{m}^3\text{CH}_4 \text{ d}^{-1}$	$1,15 \cdot (10^{-3})$	$0,62 \cdot (10^{-3})$	$1,43 \cdot (10^{-3})$	$3,42 \cdot (10^{-3})$	$1,53 \cdot (10^{-3})$
$\text{m}^3 \text{m}^{-3}\text{reactor} \cdot \text{d}^{-1}$	0,23	0,13	0,29	0,68	0,31
% metano	68,90	70,40	68,50	68,80	66,60
$\text{m}^3\text{CH}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ DQOconsumido}$	0,50	0,23	0,44	0,64	0,41

4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que las mejores condiciones de operación para la co-digestión anaerobia mesófila de los lodos de EDAR y lixiviados de pulpa de remolacha (cosetas) se alcanza a 10 días-TRS con VCO de $1,30 \text{ kg DQO m}^{-3}\text{reactor} \cdot \text{d}^{-1}$, obteniéndose valores de 84,23% DQOconsumido y $0,64 \text{ m}^3\text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}\text{DQOconsumido}$.

Estos resultados indican que los residuos utilizados en esta prueba pueden convertirse con éxito mediante co-digestión anaeróbica y, si bien se requiere una mayor investigación de la tecnología.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Dar G.H., Tandon S.M., 1987. Biogas production from pretreated wheat empe, lantan residue, apple and peach leaf litter with cattle dung. *Biological Wastes*, 21, 75-83.
- Dinsdale R.M., Premier G.C., Hawkes F.R., Hawkes D.L., 2000. Two-stage anaerobic codigestion of waste activated sludge and fruit/vegetable waste using inclined tubular digesters. *Bioresource Technology*, 72, 159-168.

- Fernández J., Pérez M., Romero L.I., 2012. Mesophilic anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste: Optimisation of the semicontinuous process. *Chemical Engineering Journal* 10-15, 193-194.
- Hutnan M., Dřtil M., Mrafkova L., 2000. Anaerobic biodegradation of sugar beet emp. *Biodegradation* 11, 203-211.
- Kim H.W., Han S.K., Shin H.S., 2004. Anaerobic co-digestion of sewage sludge and food waste using emperatura-phased anaerobic digestion process. *Water Science and Technology* 50 (9), 107-114.

6. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto *Coproducción de hidrógeno y metano mediante digestión anaerobia de biosólidos y vinazas de vino* (ref. CTM2015-64810-R), financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).