

# OPTIMIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE DISTINTAS VARIABLES EN LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A ESCALA DE LABORATORIO. DESARROLLO DE UN CAUDALÍMETRO HIDRÁULICO

M. Alarcón<sup>(1)</sup>, D. Cazzaniga<sup>(1)</sup>, M.B. Pirola<sup>(1)</sup>, M. Schmelzle<sup>(2)</sup>

dcazzaniga@inti.gov.ar

<sup>(1)</sup> Departamento Valorización de Subproductos – SOTA - GODCTel - INTI,

<sup>(2)</sup> Dependencia - UNRaf

Palabras Clave: biogás; biodigestión, residuos orgánicos; instrumentos de medición.

## INTRODUCCIÓN

El laboratorio de Ambiente del Departamento de Valorización de Subproductos se ubica en Rafaela (Santa Fe). Hace varios años trabaja junto a la Universidad Nacional del Rafaela (UNRaf) abordando temas relacionados al aprovechamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Uno de ellos, es la obtención de biogás y biomasa por procesos anaeróbicos controlados. La ciudad de Rafaela cuenta con un complejo ambiental municipal en el cual se reciben los residuos domiciliarios clasificados. Una cooperativa de trabajo, allí instalada, recicla la fracción recuperable. No obstante, sigue siendo un desafío valorizar la fracción no-recuperable que se distribuye en las celdas que componen el relleno sanitario. Estos residuos orgánicos cuentan con una composición tal que permite su uso para la obtención de biogás y de un digestato susceptible de ser utilizado como enmienda (abono) para suelos cultivables. Parar ello, entre ambas instituciones se trabajó en poner en marcha herramientas de medición y análisis para ensayar esta alternativa de aprovechamiento.

El biogás producido se encuentra compuesto principalmente por dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ), y en menor medida otros gases, entre los que se destaca el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ), un gas altamente tóxico.

El producto orgánico del proceso anaeróbico se usa con fines agronómicos, se denomina “digerido” o “digestato”.

## OBJETIVOS

Experimentar y poner a punto medidas de cantidad y calidad de producción de biogás a escala laboratorio a partir de sustratos artificiales representativo (SAR)

Investigar la influencia de los siguientes parámetros al funcionamiento y la estabilidad del proceso: composición y cantidad de inóculo, temperatura del proceso, duración de fermentación, intensidad de mezcla, frecuencia de alimentación de sustrato.

## DESARROLLO

Se generó SAR con características de composición fisicoquímica similar a la Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU), relación Carbono/Nitrógeno (C/N) 25:1. Debido a la heterogeneidad de FORSU, el uso del SAR fue importante para tratar de asegurar constancia en las condiciones para todos los experimentos. Se realizaron 3 pruebas en diferentes tiempos y cada una por duplicado. La duración de cada experiencia fue de entre 20 y 30 días de acuerdo a la finalización de obtención de biogás. Se utilizaron biodigestores elaborados en el laboratorio (foto) y se incubaron a una temperatura (T) de 37 °C.



Como inóculo se utilizó una mezcla de estiércol vacuno y digestato de un biodigestor de escala real en una proporción 50:50, con una cantidad total de 50% (m/m) de SAR inicial en las dos primeras experiencias y 30 % (m/m) en la última.

En un principio, el gas se midió de manera discontinua con un sistema de desplazamiento

de agua utilizando vasos comunicantes. Para evitar problema de acumulación de biogás por la medición discontinua y el posible efecto inhibitorio se desarrolló un caudalímetro automático. En la tercera experiencia de ensayos, se logró conectar a uno de los dos digestores el caudalímetro desarrollado, midiendo continuamente el flujo de gas producido. Las medidas de flujo se registraron mediante un sistema Arduino UNO diseñado y construido para tal fin.

## **RESULTADOS**

Se midió humedad, sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV), pH y relación C/N en el SAR inicial de cada experiencia a los fines de garantizar que sean similares entre sí, llegando al resultado esperado. Para evaluar el efecto de la reacción de fermentación anaeróbica se analizó el digestato, de esta manera se puede observar el nivel de degradación del sustrato en cada una de las experiencias.

DETERMINACIÓN	1ra experiencia		2da experiencia		3ra experiencia	
	SAR	digest	SAR	digest	SAR	digest
Sólidos Totales (%)	22,4	11,7	25,4	13,4	23,3	13,4
Sólidos Volátiles (%)	16,5	9	20,9	10,2	16,6	9,1
pH	5,85	5,6	7,18	5,31	6,23	6,24
Carbono/Nitrógeno Total	27,1	22,6	29,9	22,0	24,1	23,0

Analizando parámetros como ST y SV se determinó que hubo una degradación de más de un 50%. El pH también manifiesta una disminución desde 6-7 a valores entre 5-6 indicando una cierta acidificación de los digestores con la consecuente finalización del proceso de digestión anaeróbica. La materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno total y nitrógeno total Kjeldahl (NTK) se mantuvieron relativamente constantes a lo largo de la duración de cada una de las experiencias. Se comprobó la presencia de metano en los gases producidos mediante el uso del medidor de gases específico para metano.

Para el tratamiento, purificación y medición del gas con equipos de baja complejidad se desarrolló un instrumento que permite medir los caudales bajos de biogás producido en los biodigestores a nivel laboratorio (foto). El principio seleccionado para su funcionamiento se basa en la medición volumétrica del líquido desplazado por el gas. Los resultados del

caudalímetro demostraron buena reproducibilidad y estabilidad. La variación de inóculo marca leves diferencias de valores de entrada principalmente referidas a SV, humedad y pH.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Se logró realizar el seguimiento del proceso de obtención de biogás mediante la aplicación de análisis del laboratorio, mediciones de biogás indirectas y evaluaciones del digestato final. Se produjo biogás a partir del SAR formulado y la construcción de los fermentadores en el laboratorio.

El desarrollo del caudalímetro automatizado para pequeños caudales funcionó de acuerdo a los esperado, funcionando durante 30 días en la tercera experiencia. Se identificaron aspectos potenciales de optimización, tanto en el tamaño como la integración del equipo, y mejoras constructivas con el fin de lograr una mayor precisión y robustez durante el proceso de medición.

El mejor resultado de esta experiencia es el aprendizaje del grupo en la puesta en marcha, generación y medidas de variables antes, durante y luego del proceso. Durante la ejecución del proyecto, el grupo diseñó y mejoró en etapas tanto los digestores batch, como el proceso de medición de caudal de gas. Además, se diseñó un sustrato artificial representativo y se utilizaron diferentes inóculos para activar los procesos biológicos. Todo este trabajo se realizó en conjunto con la UNRaf por lo que como resultado de mayor impacto queda conformado un equipo de trabajo interinstitucional para encarar líneas realizadas a estos procesos.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction; Wiley-VCH; Deublein, Steinhauser; 2008
- Biogas Production from Codigestion of Sanitary and Kitchen Solid Waste; LAP Lambert; Minale, Teshome Worku; 2011
- Improving Biogas Production: Technological Challenges, Alternative Sources, Future Developments; Springer, Treichel, Fongaro; 2019
- Resource Recovery to Approach Zero Municipal Waste; CRC Press; Taherzadeh, Richards; 2015
- Upgrading of a mechanical biological treatment plant with a solid anaerobic digestion batch; Waste Management & Research; Di Maria; 2012

- Accelerated hydrolysis and acidification of municipal solid waste (MSW) in a flushing anaerobic bio-reactor using treated leachate recirculation; Waste Management & Research; Wang, Banks; 2000
- Biodegradability of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste in a High-Solids Anaerobic Digester; Waste Management & Research; Kayhanian; 1995
- Anaerobic Digestion of Municipal Solid Waste: Thermophilic vs. Mesophilic Performance at High Solids; Waste Management & Research; Cecchi, Mata Alvarez, et. al; 1991