

ANÁLISIS DEL POTENCIAL DE PRODUCCIÓN DE METANO A PARTIR DE LA CO-DIGESTIÓN DE RESIDUOS GANADEROS, RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y RESIDUOS DE FRIGORÍFICOS BOVINOS.

Montero, Celeste

Grupo de Procesos Biológicos en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas UNL, Ciudad Universitaria, Santa Fe, Argentina

Director/a: Morero, Betzabet del Valle

Codirector/a: Seluy, Lisandro Gabriel

Área: Ingeniería

Palabras claves: Co-digestión, FORSU, Feedlot, Frigorífico

INTRODUCCIÓN

En Argentina, la gestión de los residuos generados en los centros urbanos es un problema desafiante ya que cerca del 37% de la población aún no cuenta con tratamientos adecuados de los mismos. Por otra parte, la generación de energía de biomasa, y especialmente el biogás, se ha revalorizado en nuestro país a partir de 2015, con la normativa que fomentó una nueva etapa respecto de las energías renovables (Ley 27191). Los análisis WISDOM a escala provincial, realizados en 11 territorios a través del Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa (PROBIOMASA), generaron conocimiento sobre el significativo potencial de generación de biogás a partir de efluentes porcinos, de feedlots y de establecimientos lecheros. Dicho proyecto, en 2017, encargó el desarrollo de modelos de negocios de aprovechamiento energético de biogás en tres sectores productivos: frigoríficos bovinos, tambos y criaderos de cerdos, con el fin de generar información sólida para tomadores de decisiones en este campo de los sectores público y privado.

La matriz energética argentina tiene una muy alta dependencia de los combustibles fósiles. En la búsqueda de nuevas fuentes energéticas para una sociedad con consumo en aumento, la digestión anaeróbica (DA) es una excelente técnica para la valorización energética de diversos tipos de biomasa, incluyendo los residuos orgánicos¹.

Diversos trabajos se han centrado en determinar la proporción óptima de mezcla de sustratos que maximiza las tasas de producción de metano, sugiriendo que la co-digestión puede aumentar la productividad de los sustratos individuales^{2,3}, ofreciendo así la oportunidad de aprovechar un tratamiento integrado de los residuos.

El propósito de esta investigación es el estudio del impacto de diferentes combinaciones de residuos generados en la provincia de Santa Fe, específicamente residuos de feedlots y de la fracción orgánica de los RSU, así como también de residuos de frigoríficos y FORSU,

Título del Proyecto: "Optimización de la co-digestión de residuos agrícola-ganaderos y residuos sólidos urbanos, como herramienta para el tratamiento y valorización energética".

Instrumento: Proyecto CAID Orientado

Año convocatoria: 2021

Organismo financiador: UNL

Director/a: Morero, Betzabet

sobre el potencial de producción de metano, utilizando dispositivos de medición por desplazamiento volumétrico.

OBJETIVOS

- Construir un dispositivo para la determinación del potencial de generación de metano mediante DA.
- Caracterizar los residuos de feedlots (FEED), fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU) y residuos de frigoríficos (FRIGO).
- Estudiar el impacto de diferentes combinaciones de la mezcla de FEED y FORSU, así como también de FRIGO y FORSU.

METODOLOGÍA

Residuos e Inóculo

La FORSU se generó dentro del equipo de trabajo y los residuos de FEED se obtuvieron de un establecimiento de la zona, que trabaja con más de 500 animales, garantizando una generación continua y estable del mismo.

Los residuos de frigorífico se obtuvieron de una industria situada en la ciudad de Nelson. Dentro de los residuos de frigorífico, se evaluaron los residuos sólidos: VERDE y ROJO. El contenido interno de la vaca, el contenido ruminal y bosta, junto con el efluente proveniente del lavado de los playones, es llevado a un tamiz estático, del cual la fase sólida de salida corresponde al residuo VERDE. Mientras que, el ROJO corresponde a los sólidos retenidos por un tamiz centrífugo por los que pasa el agua de lavado de faena que arrastra los restos viscerales que no se utilizan, junto con los recortes y restos de sangre.

Para garantizar la estabilidad de la co-digestión, se utilizó como inóculo el lodo proveniente de un reactor UASB en funcionamiento, de una cervecería de la ciudad de Santa Fe.

Acondicionamiento de residuos

Los residuos generados o recolectados fueron secados en estufa a 50-60°C, hasta peso constante. Luego, fueron triturados con un molino de cereal de modo de homogeneizar la composición y facilitar su almacenamiento y manipulación. Los polvos obtenidos fueron caracterizados determinando el contenido de sólidos totales (ST), sólidos volátiles (SV) y humedad.

Ensayos de co-digestión

Los ensayos de co-digestión se realizaron a una concentración de ST iniciales de 7,5%, con una relación inóculo:mezcla de residuos a co-digerir de 2:1.

En primera instancia, para la combinación FORSU₁:FEED, se evaluaron diferentes proporciones de los residuos (0:100; 20:80; 40:60; 60:40; 80:20; y 100:0), realizando además un reactor control, con dos partes de inóculo y una de agua, de modo de establecer la producción basal de biogás. Luego, para la combinación FORSU:ROJO:VERDE también se plantearon distintas mezclas de los residuos (0:100:0; 0:0:100; 0:10:90; 30:7:63; 18:8:74; 46:6:48) más un reactor control. Estas mezclas se definieron considerando la proporción real de generación de residuos ROJO y VERDE de la empresa y la generación de FORSU de la ciudad de Nelson.

En ambas combinaciones de residuos, se trabajó en condiciones mesófilas (35-37° C), introduciendo los reactores dentro de una estufa de cultivo, y se prolongaron durante 25-45 días, cuantificando el volumen de biogás producido diariamente. Con el objetivo de



garantizar la distribución de los microorganismos, nutrientes, sustrato y la liberación de burbujas de gas atrapadas, la agitación de los biodigestores se realizó diariamente de forma manual.

Para los ensayos de co-digestión se construyeron dispositivos *ad hoc*, que consistieron en un frasco de borosilicato de 500 mL de volumen (donde ocurre la digestión) conectado a un dispositivo de captura por desplazamiento volumétrico (DV) para cuantificar el volumen de biogás producido.



Figura 1: Sistema de colección de biogás, donde el biogás es acumulado, el líquido genera un sello hidráulico y cae venciendo la tensión superficial.

RESULTADOS

La FORSU₁ una vez secada presentó un 92,49% de ST, de los cuales un 81,53% son SV. Los residuos FEED mostraron un 96,31% de ST, de los cuales 76,78% fueron SV, y el inóculo 6,76% de ST, de los cuales el 92,47% de SV.

La FORSU₂ una vez secada presentó un 92,05% de ST, de los cuales un 63,32% son SV. El VERDE una vez secado presentó un 99,85% de ST, de los cuales un 87,22% son SV. El residuo ROJO mostró un 93,26% de ST, de los cuales 80,11% fueron SV.

A partir de los valores de ST, se obtuvieron las cantidades de los residuos a agregar de acuerdo a la proporción de mezcla (Tabla 1 y Tabla 2).

Tabla 1. Proporciones de mezcla de los residuos para combinación FORSU₁:FEED.

FORSU₁ [%]	0%	20%	40%	60%	80%	100%
FEEDLOT [%]	100%	80%	60%	40%	20%	0%
FORSU [g]	0	3.04	6.07	9.11	12.14	15.18
FEEDLOT [g]	14.58	11.66	8.75	5.83	2.92	0

Tabla 2. Proporciones de mezcla de los residuos para combinación FORSU₂:ROJO:VERDE.

FORSU [%]	0%	0%	0%	30%	18%	46%
ROJO [%]	100%	0%	10%	7%	8%	6%
VERDE [%]	0%	100%	90%	63%	74%	48%
FORSU [g]	0	0	0	4.58	2.75	7.02
ROJO [g]	15.06	0	1.51	1.05	1.20	0.90
VERDE [g]	0	14.06	12.66	8.86	10.41	6.75

En la Figura 2, se muestra el biogás acumulado en ambos ensayos de co-digestión, para ambas combinaciones de residuos. Para la combinación FORSU₁:FEED (a), se puede visualizar que la mezcla FORSU 60: FEED 40 es la proporción que dio lugar a mayor producción de biogás con 6412 mL. Mientras que para la combinación

FORSU₂:ROJO:VERDE (b), la mezcla que solo contiene residuo verde (FORSU₂ 0: ROJO 0: VERDE 100) es la proporción que produjo mayor volumen de biogás con 4542 mL. Se puede observar que antes del día 30, el comportamiento de la digestión de este sustrato fue muy distinto al resultado final. A partir de ese día, se produjo un aumento abrupto en la producción de biogás. Por lo que resulta necesario realizar nuevos ensayos de estos residuos para determinar los motivos de este comportamiento. La proporción FORSU₂ 46: ROJO 6: VERDE 48 es la que se posiciona en segundo lugar con 3463 mL.

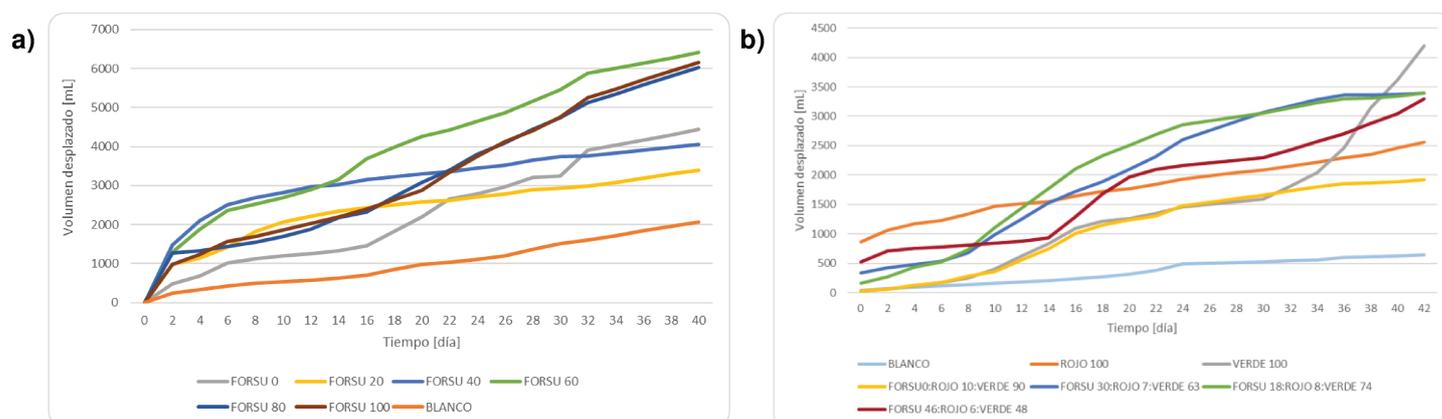


Figura 2. Producción acumulada de biogás en los ensayos de co-digestión para: **a)** combinación FORSU₁:FEED y **b)** combinación FORSU₂:ROJO:VERDE.

CONCLUSIONES

Se observó que las combinaciones entre residuos FORSU₁ y de FEED, produjeron mayor volumen de biogás que los residuos de forma individual, siendo la combinación FORSU₁ 60: FEED 40, la que más biogás generó en la experiencia. Mientras que, para las combinaciones entre residuos FORSU₂, ROJO y VERDE, produjo mayor volumen de biogás el residuo individual VERDE. A partir de estos resultados, se sugiere llevar a cabo nuevos ensayos utilizando residuos de frigorífico para verificar el comportamiento de las distintas proporciones analizadas.

Además, los resultados representan un punto de partida hacia la determinación del potencial de producción de metano de estos residuos y sus mezclas, para lo cual el grupo de trabajo se encuentra poniendo a punto un reactor piloto que posee las instalaciones necesarias para controlar las condiciones de trabajo del proceso de digestión.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- 1- **Junkers A., Seluy L.G.** 2017. Impacto de variables operativas en el tratamiento anaerobio de efluentes de cervecera. 6° Congreso de Ciencias Ambientales - COPIME 2017, CABA.
- 2-**Nielfa A, Cano R, Fdz-Polanco M.** 2015. Theoretical methane production generated by the co-digestion of organic fraction municipal solid waste and biological sludge. *Biotechnol Rep.* 5:14-21.
- 3-**Morero B, Montagna A, Campanella EA, Cafaro DC.** 2020. Optimal process design for integrated municipal waste management with energy recovery in Argentina. *Renew Energ.* 146:2626-2636.