

Comparación del Potencial de Producción de Biogás a partir de Vinazas, Residuos Orgánicos Municipales y Nopal Usando Tres Tipos de Inóculo

Gabriela Leo Avelino¹, Carlos B. Castañeda Castañeda²,
José Juan Ramos Valencia²

Resumen—En el presente trabajo se utilizó Vinazas, Nopal y residuos municipales para la producción de biogás utilizando tres tipos de inóculo: excretas de ganado ovino, biol y una mezcla de biolodos, lactosuero y excretas de ganado porcino. El potencial del Nopal para la producción de biogás es mayor a los residuos orgánicos municipales y las vinazas, los rendimientos obtenidos son 3.3mL de biogás/ mL de mezcla para el nopal, 0.75mL de biogás/mL mezcla para las vinazas y 2.25mL biogás/mL mezcla para residuos orgánicos. De acuerdo con la caracterización cromatográfica se obtuvo 73 % de Metano y 18% de CO₂

Palabras clave—Biogás, residuos orgánicos, vinazas, nopal.

Introducción

Actualmente el manejo de los residuos orgánicos no se encuentra debidamente controlados por los organismos públicos debido al incrementos en los costos de transporte y recolección selectiva, recayendo en su mezcla con residuos inorgánicos y sanitarios. En la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se generan 4927 t/día de residuos sólidos urbanos (RSU) (Bernache, 2019) de los cuales el 46% son residuos orgánicos. Por otro lado, de acuerdo con la Cámara Nacional de la Industria Tequilera (CNIT) en 2021 se produjeron 527 millones de litros de tequila las cuales generan como residuos vinazas, las cuales provienen del fondo de la destilación, el volumen producido de vinazas es de 7 a 15 Litros/ Lt de tequila. Las vinazas son utilizadas como fertilizante (volumen no definido), sin embargo, el volumen restante tiene una disposición final inadecuada provocando serios problemas ambientales en los cuerpos de agua del estado de Jalisco.

El nopal es un cultivo noble ya que se adapta fácilmente a todos los suelos, es el segundo cultivo agrícola que se cosecha en Jalisco ocupando el cuarto lugar a nivel nacional, debido a su alto contenido de Nitrógeno, Fósforo, sólidos volátiles tiene gran potencial para producción de Metano.

México cuenta con una ley de reforma energética, cuyo objetivo es lograr que en 2040 el 34% de la energía que se requiera sea obtenida a partir de recursos renovables, actualmente sólo 7.56% proviene de ellas (Vera-Romero *et al.*, 2017) teniendo el biogás una aportación del 0.02%. Se han implementado programas gubernamentales para fomentar la generación de energía a partir de residuos orgánicos como el programa de Biogás y Biometano del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). El biometano es un gas renovable que se obtiene a partir de la purificación del biogás, el cual tiene un alto potencial como combustible para diferentes medios de transporte y como gas combustible.

La producción de biogás a partir de residuos orgánicos se genera mediante la digestión anaerobia (DA), con la acción de diferentes microorganismos. Para que la conversión de la materia orgánica a dióxido de carbono y metano se de a lugar, es necesario que existan diferentes tipos de reacciones oxidativas y reductivas las cuales están mediadas por microorganismos. Las fases de esta digestión son la hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, en la primera fase se descomponen aquellas cadenas largas de materia orgánica dando lugar a productos intermedios, esto es llevado a cabo por bacterias hidrolíticas, en la siguiente fase se convierten los productos intermedios en ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno, las bacterias fermentan las cadenas complejas de la materia orgánica en ácidos orgánicos simples, posteriormente se realiza la degradación de estos ácidos liberando hidrógeno y dióxido de carbono, durante la última fase se eliminan los productos como hidrógeno, compuestos orgánicos pequeños y exceso de dióxido de carbono, estos se convierten en metano y dióxido de carbono (Reyes 2017).

En el presente estudio a escala laboratorio se evaluó el potencial de producción de biogás mediante digestión anaerobia, utilizando como sustratos Nopal y vinazas y como inóculo se utilizó excretas y sangre de ganado porcino y una mezcla de lactosuero, biolodos y excretas.

¹ Gabriela Leo Avelino Dra. es Ing. de aplicación especializado, CIATEQ Sede Zapopan, Jalisco. gabriela.leo@ciateq.mx (autor correspondiente)

² Carlos B. Castañeda Castañeda Dr. es Director especialidad Ing. y construcción de Plantas carlos.castaneda@ciateq.mx y M.I. José Juan Ramos Valencia es Gerente de especialidad de Procesos en CIATEQ jose.ramos@ciateq.mx de la sede Retablo, Qro.

Metodología

Sustratos e inóculo

Para la experimentación se utilizaron tres diferentes fuentes de residuos orgánicos. Las vinazas fueron recolectadas de la planta tequilera Cava de Oro ubicado en Jalisco, estas provienen del fondo de la primera destilación del fermentado de agave. Los residuos orgánicos se recolectaron en el tianguis del Sol, ubicado en el municipio de Zapopan, Jal. El Nopal *Opuntia - ficus* fue obtenido en el Mpio. Boxasni, Cadereyta de Montes, Qro.

El tamaño de partícula de los sustratos fue reducido considerablemente, en el caso del nopal y los residuos orgánicos, a un tamaño menor a 2 mm para facilitar la degradación y por consecuencia una mejor homogenización en el caso de los residuos orgánicos.

Se considero el uso de tres diferentes tipos de inóculo, excretas de ganado ovino mezclado en una proporción 5:1 con agua potable, un biol con base en sangre porcícola y el tercer inóculo es una mezcla de biolodos 50%, lactosuero 25%, excretas de ganado porcino 25%.

El inóculo fue preincubado durante 5 días a 30°C para acondicionar al consorcio bacteriano a condiciones termofílicas, esto permitirá agotar la mayor cantidad de residuos orgánicos biodegradables.

Biodigestor

La digestión anaerobia de los experimentos a evaluar se llevan a cabo en frascos de vidrio con tapa rosca con capacidad de 500 mL, el gas producido se almacena directamente en bolsas tedlar de 1 L, las cuales se encuentran interconectadas en los frascos de vidrio. El volumen de trabajo de cada biodigestor es de 400 mL, los frascos fueron incubados a una temperatura de 30 °C con agitación esporádica de 100 rpm, el experimento se lleva a cabo en un periodo de 15 días.

Método analítico

Las pruebas se realizarán por duplicado para cada relación sustrato: inóculo definido en 1:1 y 2:1, adicional se realizó una prueba sin inóculo por cada sustrato, los experimentos realizados y su nomenclatura son los siguientes: Vinazas – biol (1:1 VL-1, 2:1 VL-2), Vinazas – Inóculo mezclado (1:1 VB-1, 1:2 VB-2), Vinazas sin inóculo (VSN); Residuos orgánicos – biol (1:1 OL-1, 2:1 OL-2) Residuos orgánicos – inóculo mezcla (1:1 OB-1, 2:1 OB-2) Residuos orgánicos – excretas de ovino (1:1 OC-1, 2:1 OC-2), Residuo orgánico sin inóculo (OSN); Nopal – inóculo mezcla (1:1 NB-1, 2:1 NB-2), Nopal – excretas de ovino (1:1 NC-1, 2:1 NC-2), Nopal – biol (1:1 NL-1).

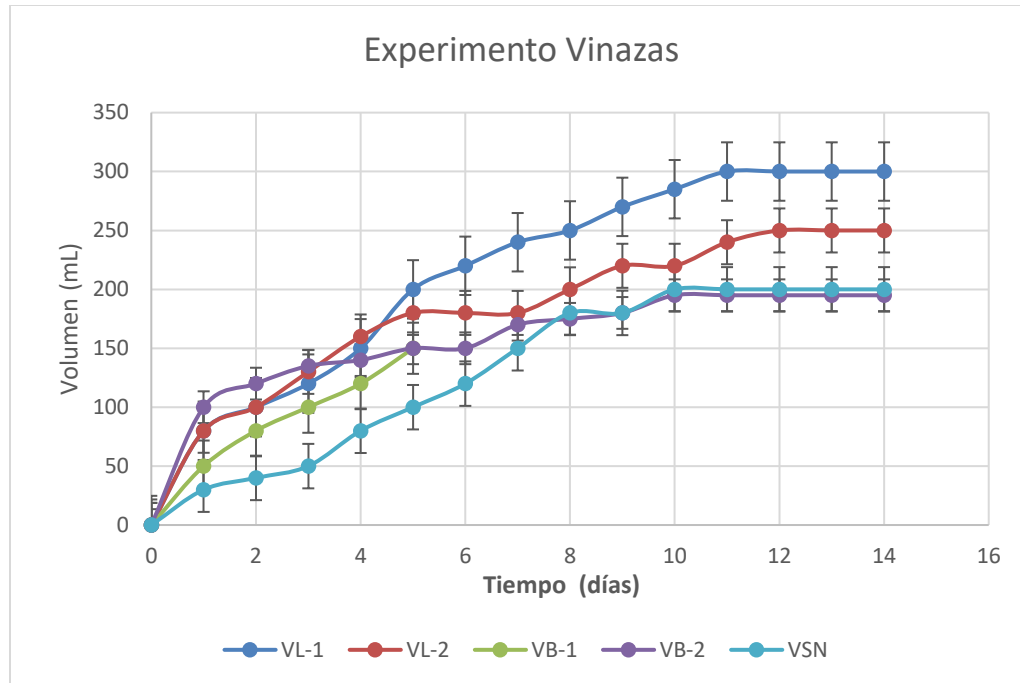
La composición del biogás (CH₄, CO₂ y H₂S) se determina mediante un cromatógrafo de gases (Agilent Technology 7890B, GC System) con la columna HP PLOT Q usando He como gas acarreador.

Resultados

En la realización de las pruebas, en el caso de los sustratos nopal y residuos orgánicos se observó desde el primer día producción de biogás. Se registró la producción diaria por cada uno de los experimentos, se monitoreó y controló las variables involucradas durante el proceso de digestión anaerobia. En la Tabla 1 se presenta la descripción de los experimentos con vinazas y su nomenclatura; en la Gráfica 1 se muestran los resultados de producción de biogás durante 14 días de seguimiento para cada uno de los experimentos.

Tabla 1. Descripción de experimentos con Vinazas

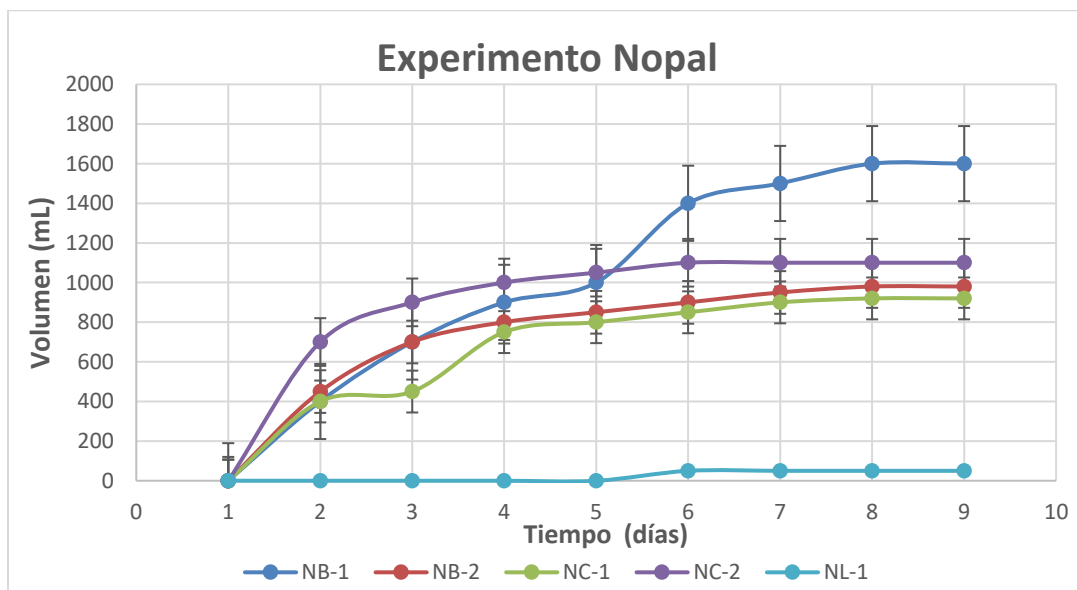
| Experimento | Mezcla |
|---------------------------------|---------|
| Vinazas + inóculo biol (VL-1) | Rel 1:1 |
| Vinazas + inóculo biol (VL-2) | Rel 2:1 |
| Vinazas + inóculo Brimex (VB-1) | Rel 1:1 |
| Vinazas + inóculo Brimex (VB-1) | Rel 1:2 |
| Vinazas sin inóculo | Rel 1:1 |



Gráfica 1. Producción de biogás a partir de Vinazas

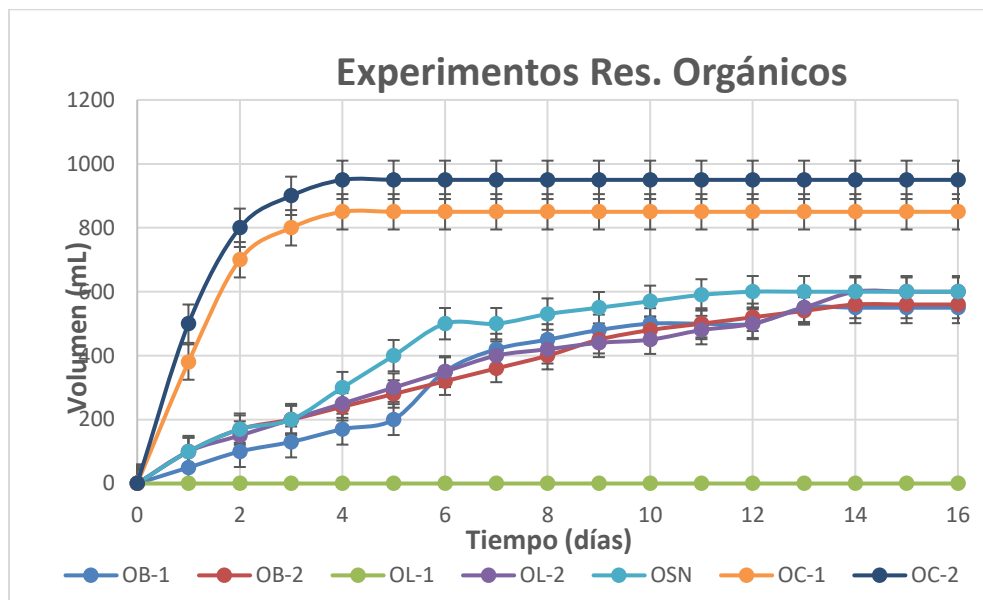
En la Grafica 1 se observa que la máxima producción de biogás se presentó el día 11, con un volumen de 300 mL en el caso del experimento VL-1, es decir, en una relación 1:1 usando como inóculo biol (sangre porcina).

El resultado de producción de biogás a partir del Nopal se presenta en la Grafica 2, el seguimiento del experimento se llevó por 9 días al no observar un cambio significativo, se puede observar que el inóculo con la mezcla de biolodos, excretas porcinas y lactosuero presentó un rendimiento mayor en comparación con las excretas de ganado ovino y la sangre porcina. La máxima producción alcanzada fue de 1.6 L de biogás, utilizando la relación nopal – inóculo 1:1, es decir, un rendimiento de 3.3 mL de biogás/mL de mezcla.



Grafica 2. Producción de biogás a partir de Nopal

En el caso de las pruebas usando residuos orgánicos municipales se realizó el seguimiento por 16 días, en la Grafica 3 se puede observar que los rendimientos más altos se produjeron al utilizar como inóculo las excretas de ganado ovino, para el caso de la relación 2:1 se generó 900 mL de biogás, es decir, un rendimiento de 2.25 mL de biogás/mL de mezcla, por otro lado, el experimento realizado sin inóculo presentó mejores rendimientos en comparación con los inóculos biol y la mezcla de lactosuero, biolodos y excretas de ganado porcino.



Grafica 3. Producción de biogás a partir residuos orgánicos municipales

Análisis

El mejor sustrato fue el Nopal inoculado con mezcla de biolodos, excretas porcinas y lactosuero, generando 1.6 L de biogás en 8 días, esto resulta en un rendimiento de 3.3mL de biogás/ mL de mezcla. De acuerdo con la caracterización cromatográfica se obtuvo 73 % de Metano y 18% de CO₂. Las Vinazas presentaron un rendimiento bajo, con una producción de biogás de 300 mL/11 días, equivalente a un rendimiento de 0.75 mL de biogás/mL de mezcla. La composición de biogás resultante de la mezcla con relación 1:1 de vinazas - inóculo excretas de ganado ovino fue de CH₄ 64.95%, CO₂ 23.27%, H₂S 1.53%. En el caso de los residuos orgánicos municipales se obtuvo un rendimiento de 2.25mL biogás/mL mezcla, la composición de biogás resultante de la mezcla con relación 2:1 de residuos orgánicos - inóculo excretas de ganado ovino fue de CH₄ 47.41%, CO₂ 43.34%, H₂S 4.89%.

Conclusiones

El sustrato que mejores resultados proporcionó en la producción de biogás fue el nopal en igual proporción usando como inóculo las excretas de ganado ovino. Por otro lado, las vinazas presentaron muy bajo rendimiento en la generación de biogás en el orden de 300 mL en 11 días, por lo que se define que no es rentable como sustrato para la producción de biogás, en el caso de añadir nutrientes que potencie su producción. Los residuos orgánicos municipales tienen un potencial adecuado para la producción de biogás, es importante la reducción del tamaño de la biomasa para que este sea aprovechable por el inóculo.

Referencias

Bernache, G., “Evaluación de los sistemas de manejo de residuos en cuatro municipios de Jalisco, México” *Revista Int. Contam Ambie*, Vol. 35 19 – 27, 2019.

Vera-Romero, I., Estrada-Jaramillo, M., González-Vera, C., Tejeda-Jiménez, M., López-Andrade, X., Ortiz-Soriano, A. “Biogás como una fuente alternativa de energía primaria para el Estado de Jalisco, México.” *Ing. Invest. Y tecnol.* Vol. 18 no. 3 Ciudad de México 2017.

Reyes, E.A. (2017). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. *Rev Cient FAREM*. Año 6, No. 24. Pp. 60-81