



## **Efecto del pH y de la temperatura sobre la producción de biogás en un reactor tipo CSTR en lote a partir de vinazas tequileras**

Yeranny Govea-Paz<sup>1</sup>, Óscar Aguilar-Juárez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Tecnología Ambiental, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Av. Normalistas núm. 800, Colinas de la Normal, Guadalajara 44270, Jalisco, México.

\* Autor de correspondencia: [oaguilar@ciatej.mx](mailto:oaguilar@ciatej.mx)

Recibido 14 de agosto de 2020; aceptado 27 de septiembre de 2020

### **RESUMEN**

La producción de biocombustibles a partir de residuos agroindustriales es posible mediante la interacción microbiana en condiciones en ausencia de oxígeno; es decir, bajo un proceso de digestión anaerobia, para lo cual se requiere mantener el control de ciertos parámetros que interfieren directamente con el volumen de biogás obtenido. El control de la temperatura favorece al crecimiento de los microorganismos involucrados en el proceso, mientras que el nivel de pH está relacionado con la producción de metabolitos que propician asociaciones simbióticas entre microorganismos.

**PALABRAS CLAVE:** Digestión anaerobia, temperatura, pH

**ABSTRACT**

Biofuel production from agroindustrial wastes it's possible through microbial interaction in oxygen absence conditions; that is to say, under an anaerobic digestion process, for wich it's required to mantain the control of certain parameters that interfere directly with the biogas obtained volume. Temperature control favors the growing of the microorganisms involved in the process, while pH level is related with metabolites production that propitiate symbiotic relationships between microorganisms.

**KEY WORDS:** Anaerobic digestion, temperature, pH

## INTRODUCCIÓN

El incremento constante de la población en el último siglo ha traído consecuencias alarmantes, sobre todo a nivel ambiental, y el consumismo se destaca como uno de los mayores problemas. Por lo tanto, resulta importante el desarrollo de nuevas estrategias y planes gubernamentales que propicien un desarrollo sostenible (Vargas et al., 2018).

El aprovechamiento de residuos agroindustriales se ha convertido en una alternativa para generar subproductos a partir de ellos, o bien para la obtención de biocombustibles (Cury et al., 2017), tal es el caso de las vinazas tequileras, líquido residual que se genera en grandes cantidades (10-12 l/l tequila producido) después de la destilación y que se distingue por poseer un color café oscuro, tener niveles correspondientes a un pH ácido (3-5) y contener una alta carga de materia orgánica en suspensión (Arreola et al., 2016; López et al., 2010).

A pesar de que existen diversos tipos de tratamiento para las vinazas tequileras, se ha realizado un especial enfoque hacia la producción de combustibles líquidos y gaseosos (Pérez et al., 2012).

A través del proceso de digestión anaerobia, es posible obtener biohidrógeno porque, gracias a la acción de una gran variedad de microorganismos, se efectúa la descomposición de la materia orgánica presente en las vinazas que, posteriormente, es transformada en biogás, el cual representa una fuente de energía renovable y es utilizado como combustible para la generación de electricidad y calor (Parra, 2016).

El empleo del hidrógeno como fuente alternativa de energía ha cobrado un interés particular recientemente debido a las ventajas que presenta, tales como alto contenido energético (143 MJ/kg) y nula emisión de contaminantes al ser el vapor de agua su único producto de oxidación (Khan et al., 2018).

Con el afán de obtener la mayor cantidad posible de biogás, es necesario mantener el control de ciertos parámetros operacionales que influyen de manera directa en la digestión anaerobia, como es el caso del pH, la temperatura, el tiempo de retención hidráulica, la tasa de carga orgánica y la relación carbono/nitrógeno (Laiq Ur et al., 2019).

De esta manera, en el presente trabajo se consideraron los parámetros pH y temperatura para conocer cuál tiene

mayor efecto en la producción de biohidrógeno a partir de vinazas tequileras al utilizar un reactor tipo CSTR en lote.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Las vinazas fueron obtenidas de una industria tequilera, y el consorcio microbiano empleado provenía de una planta de tratamiento de vinazas tequileras, ambas localizadas en el municipio de Tequila, Jalisco.

Las vinazas se almacenaron en bidones con capacidad de 20 l, los cuales se mantuvieron a una temperatura de 4 °C hasta su utilización. Por otro lado, el inóculo fue sometido a un proceso térmico (105 °C durante 24 h) previo a ser utilizado con el fin de seleccionar las bacterias productoras de hidrógeno.

El reactor está elaborado de acrílico; por dentro, se colocó una barra magnética para favorecer la agitación de su contenido al posicionarlo sobre una placa de agitación magnética, y fue sellado herméticamente para propiciar condiciones anaerobias y gaseado con nitrógeno de alta pureza durante 5 minutos. Además, se utilizó una chaqueta de calentamiento para asegurar una temperatura de 37.5 °C.

La cuantificación del biogás producido se realizó mediante un medidor de flujo de gas volumétrico ( $\mu$ Flow), el cual se distingue por su alta precisión y exactitud. A través de una manguera masterflex calibre 16, se realizó la conexión entre el  $\mu$ Flow y el reactor CSTR, colocando en medio de ambos una trampa de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) con una solución de NaOH 4M (hidróxido de sodio) y utilizando timolftaleína como indicador. Así, se aseguró que la cantidad de volumen de biogás registrado por el  $\mu$ Flow correspondiera a hidrógeno y la interferencia de CO<sub>2</sub> fuera mínima.

Se emplearon sensores vernier para monitorear la cantidad de oxígeno disuelto presente en el medio, así como para medir la temperatura y el nivel de pH, los cuales estaban conectados a una unidad de control que convertía la señal obtenida en datos numéricos, y estos podían visualizarse en la pantalla de una computadora utilizando el software Logger.

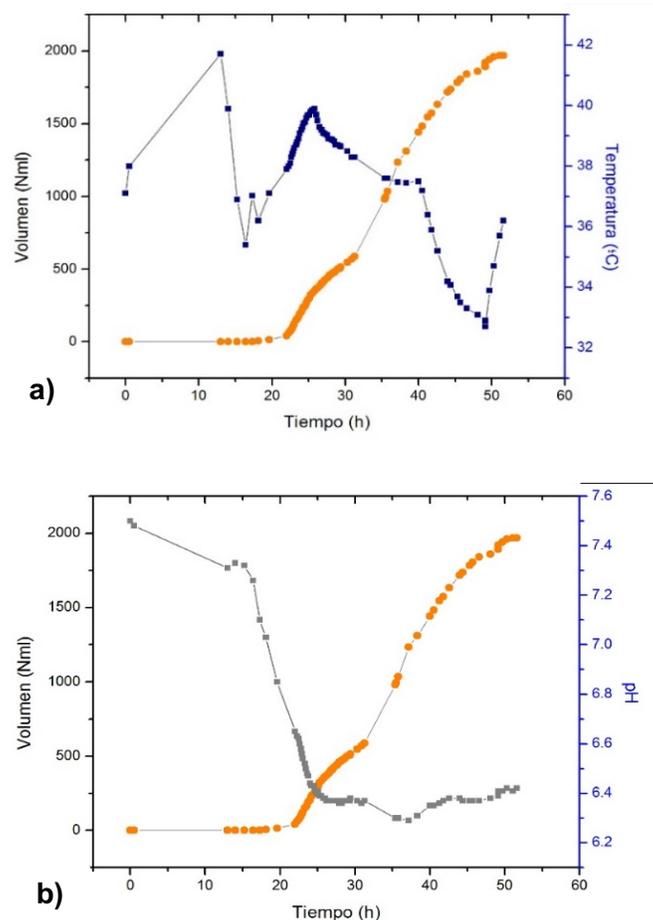
## **RESULTADOS**

Las condiciones bajo las cuales se operó el reactor fueron establecidas de acuerdo a reportes recientes sobre valores óptimos de 37.5 °C y 7.5 de temperatura y pH, respectivamente (Buitrón et al., 2010; González et al.,

2014). Después de un tiempo de fermentación de 52 h, se obtuvo un volumen de 1.96 l de biohidrógeno.

En la figura 1 se presenta el comportamiento gráfico de la temperatura (T) y el pH sobre el volumen de producción de biohidrógeno obtenido (representado con color naranja); este último responde al comportamiento sigmoideo característico del modelo matemático Gompertz, comúnmente utilizado como adaptación para la cinética de producción de biohidrógeno (Buitrón et al., 2010).

Respecto al gráfico correspondiente a T, se puede observar una relación proporcional entre el momento en el que comenzó a haber producción de biohidrógeno y el primer pico de T registrado después del periodo de adaptación. El mantenimiento de este parámetro en condiciones mesofílicas favorece el crecimiento y supervivencia de los microorganismos, por lo que la producción de biogás puede aumentar o disminuir dependiendo los cambios de la misma (Parra, 2016).



**Figura 1.** Efecto de **a)** temperatura y **b)** pH sobre el volumen de  $H_2$  vs tiempo

El efecto del pH es inversamente proporcional a la producción de biohidrógeno, ya que conforme éste iba disminuyendo, el volumen del biogás incrementó, hecho que se debe a que conforme los microorganismos se adaptan al medio, su metabolismo cambia y la señal directa de este cambio se ve reflejada en la disminución de pH.

## CONCLUSIONES

A través del presente trabajo, se puede afirmar que el mantenimiento de condiciones mesofílicas es importante para estimular el crecimiento de los microorganismos involucrados en las primeras etapas de la digestión anaerobia, pero el pH juega un papel crucial en la producción del biogás debido a que la acidificación del medio está relacionada con la actividad metabólica microbiana.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por financiar el presente trabajo a través del Proyecto núm. 1214 “Utilización de efluentes agroindustriales para la producción continua de acarreadores de energía sustentable: un estudio de prospección y optimización”.

## BIBLIOGRAFÍA

Arreola-Vargas, J., Jaramillo-Gante, N. E., Celis, L. B., Corona-González, R. I., González-Álvarez, V., & Méndez-Acosta, H. O. (2016). Biogas production in an anaerobic sequencing batch reactor by using tequila vinasses: Effect of pH

and temperature. *Water Science and Technology*, 73(3), 550–556. <https://doi.org/10.2166/wst.2015.520>

Buitrón, G., & Carvajal, C. (2010). Biohydrogen production from Tequila vinasses in an anaerobic sequencing batch reactor: Effect of initial substrate concentration, temperature and hydraulic retention time. *Bioresource Technology*, 101(23), 9071–9077. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.127>

Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S), 122. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.ns.2017.530>

González-Ugalde, C., & Durán-Herrera, J. E. (2014). Producción de hidrógeno a partir del tratamiento anaerobio de vinazas en un reactor UASB. *Revista Tecnología En Marcha*, 27(3), 3. <https://doi.org/10.18845/tm.v27i3.2061>

Khan, M. A., Ngo, H. H., Guo, W., Liu, Y., Zhang, X., Guo, J., Chang, S. W., Nguyen, D. D., & Wang, J. (2018). Biohydrogen production from anaerobic

- digestion and its potential as renewable energy. *Renewable Energy*, 129, 754–768. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.029>
- Laiq Ur Rehman, M., Iqbal, A., Chang, C. C., Li, W., & Ju, M. (2019). Anaerobic digestion. *Water Environment Research*, 91(10), 1253–1271. <https://doi.org/10.1002/wer.1219>
- López-López, A., Davila-Vazquez, G., León-Becerril, E., Villegas-García, E., & Gallardo-Valdez, J. (2010). Tequila vinasses: Generation and full scale treatment processes. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 9(2), 109–116. <https://doi.org/10.1007/s11157-010-9204-9>
- Parra Huertas, R. A. (2016). Digestión anaeróbica: mecanismos biotecnológicos en el tratamiento de aguas residuales y su aplicación en la industria alimentaria. *Producción + Limpia*, 10(2), 142–159. <https://doi.org/10.22507/pml.v10n2a13>
- Pérez-Pimienta, JA., López-Ortega, M., Sánchez, A. (2012). Recent developments in Agave performance as a drought-tolerant biofuel feedstock: agronomics, characterization and biorefining. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6(3), 246–256. <https://doi.org/10.1002/bbb>
- Robles-González, V., Galíndez-Mayer, J., Rinderknecht-Seijas, N., & Poggi-Varaldo, H. M. (2012). Treatment of mezcal vinasses: A review. *Journal of Biotechnology*, 157(4), 524–546. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2011.09.006>
- Vargas-Corredor, Y.; Pérez-Pérez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 1–14.