



## PRODUCCIÓN FERMENTATIVA DE HIDRÓGENO A PARTIR DE VINAZAS TEQUILERAS EN UN REACTOR CONTINUO DE TANQUE AGITADO

Mariana Nohely Aguilar-Mota<sup>a</sup>, Hugo Oscar Méndez-Acosta<sup>a</sup>, Jorge Arreola-Vargas<sup>b</sup>, Alma Lilia Toledo-Cervantes<sup>a</sup>.

<sup>a</sup>Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Guadalajara, Blvd. Marcelino García Barragán 1451, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44430.

<sup>b</sup>División de Procesos Industriales, Universidad Tecnológica de Jalisco, Luis J. Jiménez 577-1<sup>o</sup> de mayo, Guadalajara, Jalisco, C.P. 44979.

Correo electrónico: Nohely.Aguilar@alumno.udg.mx

*Palabras clave: vinazas tequileras, CSTR, fermentación oscura.*

**Introducción.** Entre las energías alternativas consideradas clave en la transición energética de México se encuentra el hidrógeno ( $H_2$ ), el cual es uno de los combustibles más prometedores, ya que su combustión solo libera energía en forma de calor y vapor de agua; además, es el combustible con mayor contenido energético por unidad de masa (122 kJ/g). Entre los distintos métodos para la producción biológica de  $H_2$ , la fermentación oscura representa la opción más atractiva para ser escalada a nivel industrial por la versatilidad de sustratos disponibles y su alta tasa de producción ( $100\text{--}600 \text{ mmol } H_2 \text{ L}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) en comparación con el proceso fotosintético (1). En este sentido, las vinazas tequileras, clasificadas como aguas residuales complejas por su alto contenido de materia orgánica ( $30\text{--}80 \text{ g DQO L}^{-1}$ ), han sido señaladas como un sustrato con alto potencial para la producción fermentativa de  $H_2$  (2). El objetivo de este trabajo es evaluar el efecto de la carga y tiempo de retención hidráulico en la producción continua de  $H_2$  a partir de vinazas tequileras en un reactor de tanque agitado (CSTR, por sus siglas en inglés), así como realizar un análisis de las posibles rutas metabólicas que gobiernan la producción de este biocombustible.

**Metodología.** El inóculo y las vinazas tequileras fueron donadas por una destilería de Amatitán, Jalisco. El inóculo fue pretratado térmicamente de acuerdo con reportes previos (1). La producción de  $H_2$  se evaluó en un reactor CSTR fabricado en policloruro de vinilo clorado (CPVC) con un volumen de trabajo de 1.25 L. La temperatura de operación y pH fueron previamente optimizados (datos no mostrados) mediante un modelo de superficie de respuesta resultando  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  y 5.5, respectivamente. La agitación del reactor se llevó a cabo mediante recirculación del medio a  $150 \text{ mL min}^{-1}$ , mientras que los flujos de alimentación se variaron para alcanzar las cargas volumétricas aplicadas (CVA) mostradas en la **Tabla 1**. El análisis de los metabolitos se realizó por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC, por sus siglas en inglés).

**Tabla 1.** Condiciones de operación

Etapa	Concentración de la vinaza ( $\text{g DQO L}^{-1}$ )	TRH (h)	CVA ( $\text{g DQO L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )
I	20	24	20
II	27 (sin diluir)	18	36
III	27 (sin diluir)	12	54

**Resultados.** El reactor se operó durante 36 días aplicando los incrementos de la CVA mostrados una vez que la producción de

$H_2$  y la remoción de azúcares tuvo una variación menor al 10%. En la etapa I, se obtuvo un contenido de  $H_2$  en el gas del 35% y una velocidad volumétrica de producción de  $H_2$  (VVPH) de  $127 \text{ mL } H_2 \text{ L}^{-1} \text{ d}^{-1}$  (**Tabla 2**). Una vez que se estabilizó el sistema, se incrementó la CVA (etapa II) obteniendo una VVPH 2.7 veces mayor que en la etapa I y un contenido de  $H_2$  del 50%. Finalmente, en la etapa III, la VVPH incrementó 2 veces en comparación a la etapa II; no obstante, el % de  $H_2$  en el gas no tuvo un aumento significativo. De acuerdo con el análisis de los ácidos grasos volátiles (AGVs) presentes en el reactor, las principales rutas metabólicas estuvieron relacionadas con el consumo de ácido láctico y acético para la producción de ácido butírico e  $H_2$ , además del consumo de ácido fórmico para la producción de  $H_2$ . Sin embargo, las VVPHs fueron bajas en comparación con los valores teóricos, debido a la distribución de los electrones equivalentes para la producción de otros metabolitos, biomasa o mantenimiento celular. Por lo tanto, se realizó el cálculo estequiométrico con base en los AGVs producidos con el fin de determinar las rutas metabólicas predominantes durante la operación del reactor (3); estos resultados serán presentados durante el congreso.

**Tabla 2.** Resultados de producción de  $H_2$

Etapa	VVPH obtenida ( $\text{NmL } H_2 \text{ L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )	% $H_2$ en el gas	VVPH teórico ( $\text{NmL } H_2 \text{ L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )	Eficiencia (%)
I	127	$35 \pm 2.8$	1026	14.4
II	337	$50 \pm 3.5$	1850	18.6
III	686	$54 \pm 2.1$	3168	26.3

**Conclusiones.** En este estudio se evaluó la producción de  $H_2$  a partir de vinazas tequileras en un reactor CSTR obteniendo VVPHs menores a las esperadas de acuerdo con el valor teórico. No obstante, mediante el análisis de los metabolitos a la entrada y salida del reactor, se logró realizar el cálculo estequiométrico de las producciones máximas de  $H_2$  para cada caso, corroborando las rutas metabólicas consumidoras de  $H_2$  y productoras de AGVs relacionadas a las bajas VVPHs.

**Agradecimientos.** Este trabajo fue financiado por el "Fondo CONACyT- SENER- SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA, CEMIE-Bio-Clúster Biocombustibles Gaseosos 247006".

### Bibliografía.

- Arreola-Vargas *et al.*, (2016), *Int. J. Hydrogen Energy*. 41 (2):897-904.
- López-López A. *et al.*, (2010), *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 9(2):109-116.
- Luo *et al.*, (2011) *Biotechnol. Bioeng.* 108 (8):1816-1827.

