

Interacciones microbianas inducidas por cambios en la temperatura durante la adaptación de un reactor FBR a termofilia

Raúl Snell-Castro*, Hugo Oscar Méndez-Acosta, Juan Paulo García-Sandoval, Alma Toledo-Cervantes y Alejandro Isaac Gómez-Gutiérrez

Laboratorio Planta Piloto, Departamento de Ingeniería Química, CUCEI-Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco, México.

* Autor de correspondencia: raul.snell@academicos.udg.mx; Tel.: +52 (33) 13785900, ext. 27550.

Contaminación de agua, suelo y aire (Tratamientos biológicos). **Ponencia Presencial.**

Recibido: 15 de junio de 2023 Aceptado: 18 de agosto de 2023 Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: Interacciones microbianas; termofilia; vinazas tequileras; alcalinidad

Introducción. La industria tequilera ha logrado un éxito económico con una producción de 651 millones de litros de tequila en 2022; sin embargo, esto representa una generación de 7 a 10 litros de vinazas tequileras por cada litro de tequila producido. Estas aguas residuales suelen ser vertidas directamente a aguas y bienes nacionales por las empresas tequileras, generando un severo impacto ambiental (Cedeño-Cruz, 1995; Arreola-Vargas *et al.* 2018). Sin embargo, la alta concentración de materia orgánica de dichas vinazas ofrece la posibilidad de aplicar el tratamiento denominado digestión anaerobia (DA), que ha demostrado ser útil para la remoción de la materia orgánica contaminante y producción de metano, lo que conduciría a la sustentabilidad ambiental de la industria tequilera (Arreola-Vargas *et al.* 2018). El propósito de este estudio fue el análisis de las interacciones microbianas inducidas por cambios en la temperatura de mesofilia a termofilia usando como sustrato vinazas tequileras en un reactor de biopelícula fija (Fixed-bed reactor, FBR), aplicando un esquema de adaptación basado en la respuesta de la alcalinidad.

Materiales y Métodos. Se implementó un FBR termófilo alimentado con vinazas tequileras, que fue empacado con un tubo de PVC Cloisonyl® como soporte para el desarrollo de biopelícula y un volumen de trabajo de 3.2 L. Este FBR se mantuvo a un pH de 7.0, TRH de 3.1 días y carga volumétrica aplicada de 4.8 g-DQO L⁻¹ d⁻¹ con un flujo de recirculación de 310 mL min⁻¹. La demanda química de oxígeno (DQO), pH, temperatura, potencial redox, presión, flujo de biogás, concentración de metano, lactato y ácidos grasos volátiles estuvieron monitoreados. En la primera fase el esquema incrementó la temperatura de 37 a 50 °C durante 6 días. Ante el brusco incremento de la alcalinidad, el esquema disminuyó la temperatura a 37 °C para disminuir la alcalinidad durante 40 días. Entonces, se modificó el esquema para que la temperatura se subiera en dos escalones, primero de 37 a 46 °C y después de 46 a 55 °C. El FBR se mantuvo estable en términos de la alcalinidad durante el escalón de 37 a 46 °C durante 69 días. Al iniciar el escalón de 46 a 55 °C se presentó un accidente nocturno que alcalinizó el FBR hasta suprimir la producción de metano.

Las interacciones microbianas se analizaron a partir de muestras de biomasa adherida a 168 cm² del soporte al final de cada fase y el primer escalón. La biomasa colectada fue sometida a extracción de ADN genómico (ADNg) por el método de Godon *et al.* (1997). El ADNg fue enviado al servicio de metagenómica y análisis filogenético de las regiones V4-V5 del gen de ARNr 16S usando el método illumina MiSeq en Narbonne, Francia. La dinámica poblacional se expresó en porcentaje de abundancia relativa de los dominios *Archaea* y *Bacteria*. Adicionalmente, se realizó un análisis por componentes principales (ACP) para correlacionar la diversidad, abundancia y dinámica microbiana con las variables asociadas al desempeño del FBR utilizando el software Statgraphics centurion XV.

Resultados. Los resultados del ACP indicaron que el componente principal (CP) 1 explicó el 71.09% de la variación total observada y el CP 2 el 28.90%. En la Figura 1 se observan los 4 clusters formados a partir de las variables correlacionadas.

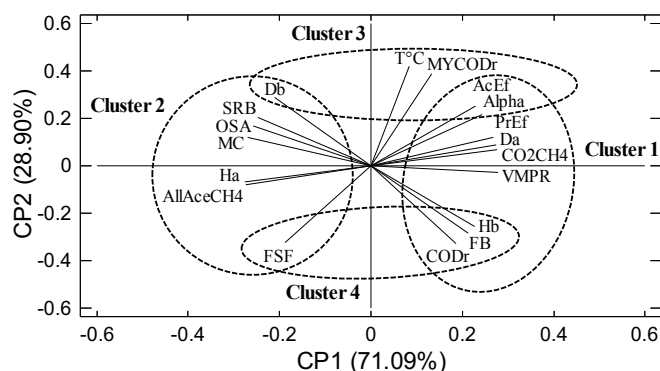


Figura 1. Correlaciones obtenidas por el ACP entre las variables del proceso.

El Cluster 1 correlacionó la alcalinidad α (Alpha), DQO removida (CODr, g-DQO L⁻¹ d⁻¹), acetato y propionato en el efluente (AcEf y PrEf, g L⁻¹) y tasa volumétrica de producción de metano (VMPR, L-CH₄ L⁻¹ d⁻¹) con los índices de diversidad Shannon-Wiener *Bacteria* (Hb) y Simpson *Archaea* (Da) y las abundancias relativas de bacterias fermentativas (FB) y metanógenos CO₂-reductores (CO₂CH₄). Estas variables tendieron a disminuir sus valores a lo largo de la termofilia. El Cluster 2 correlacionó el contenido de metano en el biogás (MC) con los índices de diversidad Shannon-Wiener *Archaea* (Ha) y Simpson *Bacteria* (Db) y las abundancias relativas de fermentadores sintróficos facultativos (FSF), bacterias sulfato-reductoras (SRB), acetógenos sintróficos obligados (OSA), y metanógenos acetotróficos (AllAceCH₄). Estas variables tendieron a incrementar sus valores a lo largo de la termofilia. El Cluster 3 correlacionó la temperatura (T°C), Alpha, rendimiento (MYCODr, L-CH₄ g-DQO_{removida}⁻¹) y AcEf con Db. Estas 2 últimas variables tendieron a incrementar sus valores y el resto a disminuir en termofilia. Mientras que, el Cluster 4 correlacionó la CODr con Hb, FB y FSF. Esta última variable tendió a incrementar sus valores y el resto a disminuir bajo condiciones termofílicas.

Conclusiones. Las correlaciones del ACP sugieren que los cambios de temperatura inducidos por el esquema de adaptación favorecieron la metanogénesis CO₂-reductora e incremento del sintrofismo obligado por el acetato para producir metano, pero con baja remoción de la DQO. El proceso de DA se desestabilizó cuando la temperatura fue incrementada a 55 °C en un solo escalón, pero al establecer 2 escalones se logró la estabilidad durante la transición de 37 a 46 °C. Desafortunadamente, el segundo escalón no fue evaluado por el accidente mencionado, pero se ha repetido el proceso y se espera la llegada de los datos metagenómicos para obtener conclusiones.

Bibliografía.

- Cedeño-Cruz, M. (1995). Tequila production. *Crit. Rev. Biotechnol*, 15, 1-11.
- Arreola-Vargas, J., Snell-Castro, R., Rojo-Liera, N. M., González-Álvarez, V., & Méndez-Acosta, H. O. (2018). Effect of the organic loading rate on the performance and microbial populations during the anaerobic treatment of tequila vinasses in a pilot-scale packed bed reactor. *J Chem Technol Biotechnol*, 93(2), 591-599.
- Godon, J., Zumstein, E., Dabert, P., & Habouzit, R. I. C. (1997). Molecular microbial diversity of an anaerobic digester as determined by small-subunit rDNA sequence analysis. *Appl Environ Microbiol*, 63(7), 2802-2813.