

## Proceso de biofiltración anaerobia con cama orgánica e inorgánica tratando vinazas de mezcal: fase de formación de biopelícula

Juan Manuel Vigueras Cortés, Marco Antonio Garzón Zúñiga y Luis Antonio Uribe Ordóñez

Laboratorio Nacional de Tecnología y Gestión Integral del Agua de la Academia de Ciencias Ambientales del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, IPN CIIDIR Unidad Durango, Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, 34220, Durango, Dgo. México; \*mviguer@ipn.mx, TEL 618 132 2078

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

**Palabras clave:** Tratamiento anaerobio, vinazas mezcaleras, biofiltros, astillas de madera, tezontle.

**Introducción.** La producción de mezcal artesanal en México, y en especial el estado de Durango, es un detonante económico que se encuentra en auge y reconocido internacionalmente por su calidad. En el 2019 la producción alcanzó los 7.4 millones de litros de mezcal exportando el 63% y el resto para consumo nacional. Sin embargo, es de importancia ambiental reconocer que por cada litro de mezcal se genera hasta 15 litros de vinazas (Roble González et al 2012). Éstas se caracterizan por ser altamente contaminantes ya que al descargarlos a cuerpos de agua producen déficit de oxígeno disuelto; en suelo, destruyen la flora endémica, producen acidez y cambian su composición. Éstas contienen hasta 150 g/L de demanda química de oxígeno (DQO), de 35 a 50 g/L de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), temperatura  $>90^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} > 3$  unidades y otra cantidad importante de contaminantes refractarios (Rodríguez Cortés y Cerna Hernández, 2017). Para reducir la problemática ambiental de las vinazas de mezcal se planteó como objetivo evaluar la tecnología de biofiltración con dos biofiltros empacados con material orgánico e inorgánico para remover la materia orgánica con diferentes cargas hidráulicas superficiales y la generación de biocombustible, en dos etapas. En la I etapa consiste en alcanzar el desarrollo de la biopelícula sobre el material filtrante determinando el tiempo de acondicionamiento a través de la remoción de DQO a temperatura controlada. La segunda etapa será evaluar la generación de biocombustible que no se considera en esta presentación.

**Materiales y métodos.** Los materiales filtrantes orgánico e inorgánico se caracterizaron respecto a su densidad aparente y área de contacto. Previo al empaque de los BFs, éstos fueron limpiados y lavados con agua de la llave para eliminar componentes solubles de la madera. La vinaza proviene de la mezcalera artesanal "Puente Carretas" de Nombre de Dios Dgo. El inóculo se preparó con agua residual anaerobia de la PTAR Oriente de la ciudad de Durango y vinazas de mezcal artesanal, alimentado a los dos BFs por la parte superior con una carga hidráulica superficial de  $0.32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ día}$ , a una temperatura de  $35^{\circ}\text{C}$ . Se prepararon dos biofiltros (BF) anaerobios uno empacado con material orgánico (BAAM) de astillas de madera (AM) y el segundo empacado con AM y tezontle (T) (BAMT) (Figura 1) empleando tubería de PVC. Una vez empacados los BFs se determinó la porosidad por el método de Garzón et al, (2003), se aprueban las pruebas hidráulicas y se inicia el arranque del proceso anaerobio. Se caracterizaron fisicoquímicamente la vinaza, agua residual, la mezcla de ambos y los efluentes de cada BF, de acuerdo con el Standard Methods (APHA, 2012). Los resultados se evalúan en la etapa final del proceso de acondicionamiento cuando no hay variación de concentración de DQO significativa.

**Resultados.** La AM obtuvo una densidad aparente de  $250 \text{ kg}/\text{m}^3$  y un área de contacto de  $228 \text{ m}^2/\text{m}^3$  mientras que el T tuvo  $745 \text{ kg}/\text{m}^3$  y  $194 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , respectivamente. Estas características físicas compiten con las de los materiales plásticos sintéticos por lo que lo convierte en un material innovador para remover materia orgánica de aguas residuales de tipo industrial aparte de ser más económico, sustentable ya que su existencia no tiene restricción ecológica

normativa. En cuanto a el porcentaje de porosidad se obtuvo 82 y 84% en el BAAM y BAMT, respectivamente. Prácticamente similar al reportado por Sosa Hernández et al, (2016) que encontraron 84% en astillas de mezquite. Esta característica favorece al funcionamiento de los BFs ya que no se presentaron problemas de inundación o colmatación. En la Figura 2 se muestra la cinética de remoción de materia orgánica del BAMT alcanzando el tiempo de acondicionamiento a los 69 días. Para el BAAM se obtuvo a los 85 días. El tiempo de acondicionamiento se redujo por el tratamiento fisicoquímico de la astilla de madera al extraer compuestos solubles quienes incrementan la DQO antes del arranque del proceso (Sosa Hernández et al 2016), lo que implica un ahorro considerable de energía y costos de operación que deberán ser tomados en cuenta cuando se aplique para el empaque de una planta real. La eficiencia de remoción de la DQO fue de 79 y 82% para BAMT y BAAM, respectivamente. En la etapa final de consolidación del crecimiento de la biopelícula, el pH promedio fue de  $6.71 \pm 0.13$  para el BAMT, valor que le da estabilidad al proceso anaerobio (Molleta, 2005). La eficiencia de remoción de SST fue 93 y 89% en el BAMT y BAAM, respectivamente. La conductividad eléctrica disminuye en 13 y 17% lo que denota que los materiales también actúan como materiales adsorbentes.

**Conclusiones.** Los materiales de empaque de los biofiltros anaerobios favorecen el crecimiento de la biopelícula en tiempos óptimos y presentan alta remoción de DQO comparados con los procesos anaerobios convencionales. El tiempo de acondicionamiento es relativamente corto que es influenciado por el tratamiento preliminar de éstos y que deben ser considerados cuando haya un escalamiento a una planta real. También actúa como un excelente adsorbente reduciendo la calidad del efluente el cual puede ser aprovechado para propósitos productivos primarios. Finalmente, estos materiales tienen un futuro promisorio como material innovador en el tratamiento de aguas residuales industriales.

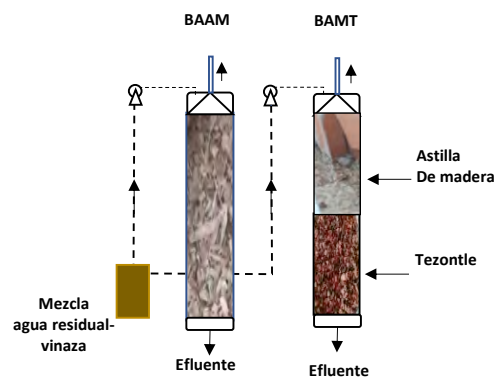


Figura 1. Diagrama del sistema de biofiltros anaerobios.

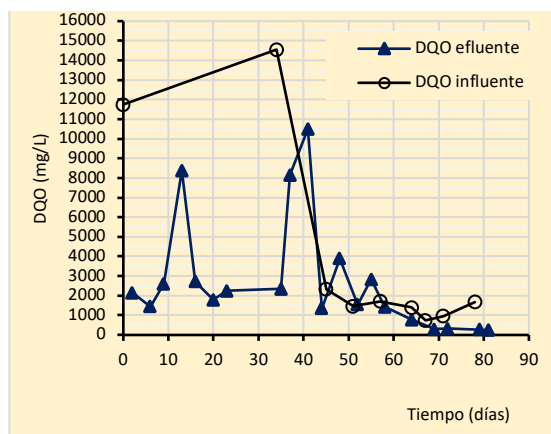


Figura 2. Remoción de la DQO en el proceso de biofiltración anaerobia en el BAMT.

### Bibliografía

- APHA, AWWA, AWEF (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23<sup>rd</sup> Edn. Washington DC USA.
- Garón Zúñiga M.; Lessard P. and Buelna G. (2003) Determination of the hydraulic residence time in a trickling biofilter filled with organic matter. *Environm Tech* 24(3), 605-614.
- Moletta R. 2005. Winery and distillery wastewater treatment by anaerobic digestion. *Water Sci Technol* (2005) 51 (1): 137-144. <https://doi.org/10.2166/wst.2005.0017>
- Robles-González V., Galíndez-Mayer J., Rinderknecht-Seijas N. and Poggi-Varaldo HM. (2012). Treatment of mezcal vinasses: A review. *Jour Biotechnol* 157(4), 524-546.
- Rodríguez-Cortés, A., y Cerna-Hernández, C. (2017). El mezcal, su producción y. *Alianzas y Tendencias*, 11.
- Sosa Hernández D.B.; Viguera Cortés J.M.; Garzón Zúñiga M.A. (2016). Mesquite wood chips (*Prosopis*) as filter media in a biofilter system for municipal wastewater treatment. *Water Scie Technol* 73(6):1454-1462.