

Biorremediación de un suelo contaminado con aceite residual automotriz empleando bacterias hidrocarbonoclastas

Daniela Michelle Ordaz-Aguayo, Daniel Alejandro Roque-García, Miguel Mauricio Aguilera-Flores *, Verónica Ávila-Vázquez, Omar Sánchez-Mata.

Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Zacatecas, Ingeniería Ambiental. Blvd. del Bote 202 Cerro del Gato Ejido La Escondida, Col. Ciudad Administrativa 98160 Zacatecas, Zac., México.

* Autor de correspondencia: maguileraf@ipn.mx. Tel. 5557296000 Ext. 83562.

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

Recibido: 3 de mayo de 2023 Aceptado: 15 de junio de 2023 Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: Aceite residual; bioaumentación; contaminación del suelo; remoción.

Introducción. El petróleo y sus derivados son ampliamente utilizados en la Sociedad. Sin embargo, cuando llegan a convertirse en un residuo y no se les da una disposición final o tratamiento adecuado son una fuente de contaminación ambiental. El aceite residual automotriz, derivado del petróleo, corresponde a los hidrocarburos de fracción pesada, y se clasifica como un residuo peligroso, debido a que contiene compuestos aromáticos y metales pesados que son tóxicos y cancerígenos. Una alternativa para remover este contaminante del suelo es la biorremediación, que podría apoyarse en la técnica de bioaumentación. Esta técnica consiste en la adición de microorganismos específicos degradadores de hidrocarburos. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo evaluar la biorremediación de un suelo contaminado con hidrocarburos de fracción pesada (aceite residual automotriz) empleando bacterias hidrocarbonoclastas.

Materiales y Métodos. Se tomaron ocho submuestras simples de suelo de 1 kg cada una para formar una muestra compuesta que se caracterizó fisicoquímicamente. Se utilizaron tres bacterias autóctonas aisladas de un suelo contaminado con hidrocarburos en Zacatecas (México), y catalogadas como hidrocarbonoclastas ya que previamente mostraron tener potencial de degradación de estos compuestos. Sin embargo, aún no se ha identificado su especie. El suelo se contaminó artificialmente con una concentración de 10,000 mg de aceite residual automotriz por kg de suelo. Se llevaron a cabo doce ensayos de biorremediación, montados en charolas de polietileno con 50 g de suelo cada una, y en donde tres fueron para cada bacteria y tres empleando las tres bacterias de manera simultánea con concentraciones iguales. El inóculo utilizado fue de 10^7 UFC/g de suelo. Se evaluó su capacidad degradativa del aceite residual automotriz en el suelo después de haberse dejado 16 semanas en operación, en donde se analizó la concentración del remanente de aceite por extracción Soxhlet establecido por la EPA.

Resultados y Discusión. Se obtuvo un pH de 7.14, densidad de 2.25 g/cm³ de suelo, y humedad de 2.59% en la caracterización fisicoquímica del suelo. El pH del suelo es un parámetro importante para la degradación de contaminantes debido a que las bacterias heterotróficas prefieren crecer en ambientes a pH neutro (Al-Hawash et al., 2018). Por otra parte, se identificaron a las bacterias como Gram negativas (Figura 1), las cuales liberan vesículas de la membrana externa incrementando su hidrofobicidad, lo que posibilita la dispersión de sustancias hidrofóbicas como los hidrocarburos (Barrionuevo, 2017). Se ha reportado que las bacterias, principalmente de los géneros *Acinetobacter* y *Pseudomonas* adoptan diversas funciones metabólicas, incluyendo la degradación de alcanos, naftaleno, tolueno y otros hidrocarburos aromáticos policíclicos (Najidat et al., 2022). Respecto a la biodegradación de hidrocarburos con las bacterias, se obtuvieron porcentajes de remoción de aceite residual automotriz en el suelo de $29.96 \pm 2.47\%$, $26.67 \pm 1.25\%$, $21.73 \pm 3.45\%$, y $68.57 \pm 1.15\%$ para los casos cuando se usó en la bioaumentación la bacteria 1, la

bacteria 2, la bacteria 3, y la mezcla de las tres bacterias, identificando que la que tiene un mayor potencial de degradación es la bacteria 1. Se realizó un análisis estadístico basado en la prueba t-student, mostrando diferencias significativas entre utilizar la mezcla de las tres bacterias y la bacteria 1, respecto a las bacterias 2 y 3.

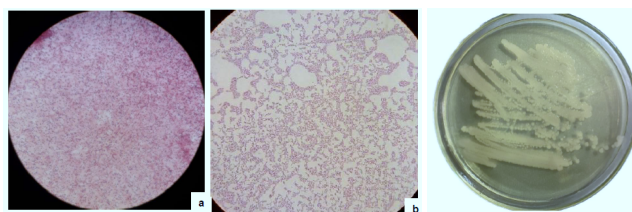


Figura 1. Identificación de las bacterias hidrocarbonoclastas (morfología). a) Bacterias Gramnegativas a 100X. Elaboración propia. b) Bacterias Gramnegativas a 100X (Quíñones, 2020). c) Colonias de bacterias en agar nutritivo a 28 °C. Elaboración propia

Conclusiones. A pesar de que cada una de las tres bacterias mostró capacidad degradativa del aceite residual en el suelo, el mayor porcentaje de remoción se logró cuando se utilizaron las tres bacterias en mezcla. Por lo tanto, es más apropiado utilizarlas como consorcio y no de manera aislada. Estos resultados muestran la posibilidad de utilizar estas tres cepas de bacterias hidrocarbonoclastas para la biorremediación de suelos contaminados con aceite residual automotriz mediante la técnica de bioaumentación.

Bibliografía

- Al-Hawash, A., Drahg, M., Li, S., Alhujaily, A., Abbood, H., Zhang, X., Ma, F. (2018). Principles of microbial degradation of petroleum hydrocarbons in the environment. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.06.001>
- Barrionuevo, M. (2017). Producción de biosurfactantes bacterianos para su uso en procesos de biotratamiento de efluentes industriales con contenido en metales. [tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires]. Repositorio de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Najidat, A., Mashulam, M., Diaz-Reck, D., Ronen, Z. (2022). Emergence of hydrocarbon-degrading bacteria in crude oil-contaminated soil in a hyperarid ecosystem. Effect of fosfate addition and augmentation with nitrogen-fixing cyanobacteria on oil bioremediation. *International biodeterioration & biodegradation*. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2022.105556>
- Quíñones, V. (2020). Evaluación del potencial de degradación de los hidrocarburos residuales de fracción pesada por aislados fúngicos [tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio de la UPIIZ.