



REVISTA + CIENCIA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Año 12, N.º 36, Septiembre-Diciembre 2024



EDICIÓN ESPECIAL POR EL



Facultad de
Ingeniería

FANDANGO CIENTÍFICO

En Veracruz... también hacemos ciencia



Figura tomada de Freepick.com

BACTERIAS INGENIERAS:

EL PAPEL CRUCIAL DE LOS MICROORGANISMOS EN EL FUTURO DE LA INDUSTRIA PETROLERA

RAQUEL GIUSEPPA LANDERO RENDÓN¹ | LUIS RICARDO CÓRDOBA BAUTISTA²
DÉBORA ÁLVAREZ HERNÁNDEZ³ | MARÍA MAGDALENA URIBE FLORES⁴



“...la industria petrolera ha tenido que optar por otros tipos de crudos, principalmente crudos pesados, cuya alta densidad y viscosidad aumentan su dificultad de extracción. Aquí es donde entran nuestras protagonistas, las bacterias, ya que han mostrado la capacidad de producir sustancias químicas capaces de modificar las propiedades del petróleo”.

Abreviaturas: MEOR: Recuperación mejorada de petróleo asistida por microorganismos, por sus siglas en inglés.

Introducción

El petróleo ha impulsado el avance tecnológico alrededor de todo el mundo, gracias a la amplia diversidad de sus derivados como aceites, ceras, combustibles, plásticos, telas sintéticas, vaselinas, jabones, cosméticos, detergentes, entre la larga lista de usos. Esto nos ayuda a entender por qué se generó una sobreexplotación de este producto, ya que es fundamental para la economía global y es uno de los productos con más valor comercial del mundo. Así, en estos últimos años se ha visto el aumento de una problemática cuando se habla de extracción de petróleo, debido a que los yacimientos

en México del tipo de crudo idóneo (Olmeca o ligero) se han reducido en cantidad. Como consecuencia, la industria petrolera ha tenido que optar por otros tipos de crudos, principalmente crudos pesados, cuya alta densidad y viscosidad aumentan su dificultad de extracción. Aquí es donde entran nuestras protagonistas, las bacterias, ya que han mostrado la capacidad de producir sustancias químicas capaces de modificar las propiedades del petróleo, lo cual puede facilitar el proceso de su extracción.

Desarrollo

Para empezar, hablemos sobre el petróleo pesado. En México, el petróleo pesado se denomina “crudo Maya”, tiene 21-22° API (American Petroleum Institute) y es amargo (3.4-3.8% de azufre en peso) por lo que brinda menores

¹ Estudiante de Ingeniería Química, Universidad Anáhuac Veracruz, Campus Xalapa.

² Estudiante de Ingeniería Química, Universidad Anáhuac Veracruz, Campus Xalapa.

³ Estudiante de Ingeniería Química, Universidad Anáhuac Veracruz, Campus Xalapa.

⁴ Profesora de la Escuela de Ingeniería y asesora del Club Leones de la Ciencia, Universidad Anáhuac Veracruz, Campus Xalapa.



“La técnica MEOR implica dos mecanismos. Uno es el efecto de biodegradación, que consiste en la conversión in situ de hidrocarburos de cadena larga a hidrocarburos de cadena corta por bacterias degradadoras de hidrocarburos y otro es la producción de biosurfactantes”.

rendimientos de gasolina y diesel en comparación con crudos más ligeros (PMI Comercio Internacional, 2023). El tipo de crudo Maya constituye casi la mitad del total de la producción en México; particularmente, el puerto de Dos Bocas en Paraíso, Tabasco es el mayor comercializador de crudo Maya, teniendo al primer semestre de 2019 un movimiento total de 13,514,574 toneladas (Puerto Dos Bocas, 2019). Por lo tanto, el crudo Maya es hoy en día la principal fuente de crudo; y, considerando su dificultad de extracción, refinación y transportación, esto representa un gran desafío para la industria petrolera.

¿Cómo solucionar esta problemática?

Entre los diferentes métodos utilizados en la etapa de recuperación mejorada, se encuentra la recuperación mejorada de petróleo asistida por microorganismos (MEOR, por sus siglas en inglés). MEOR es una de las técnicas más

prometedoras en la recuperación de petróleo sin afectar de forma negativa el medio ambiente y sus ecosistemas, generalmente empleada como una etapa terciaria donde la recuperación de petróleo utilizando métodos tradicionales primarios y secundarios ya no es factible (Comisión Nacional de Hidrocarburos, 2012). Entre varios agentes biológicos potencialmente útiles para MEOR, los biosurfactantes (tensioactivos anfífilos producidos biológicamente) juegan un papel clave. En su mayoría son equivalentes o mejores que sus contrapartes químicas (surfactantes) en varios aspectos, entre ellos: mejor compatibilidad ambiental, producción a partir de sustratos de residuos renovables, mantenimiento de la actividad en condiciones ambientales adversas, menor o nula toxicidad ambiental; aunque aún no son competitivos en costos cuando se comparan con los surfactantes químicos. Además, se cree que MEOR puede extraer hasta el 50% del aceite residual que queda en un depósito después de que se hayan

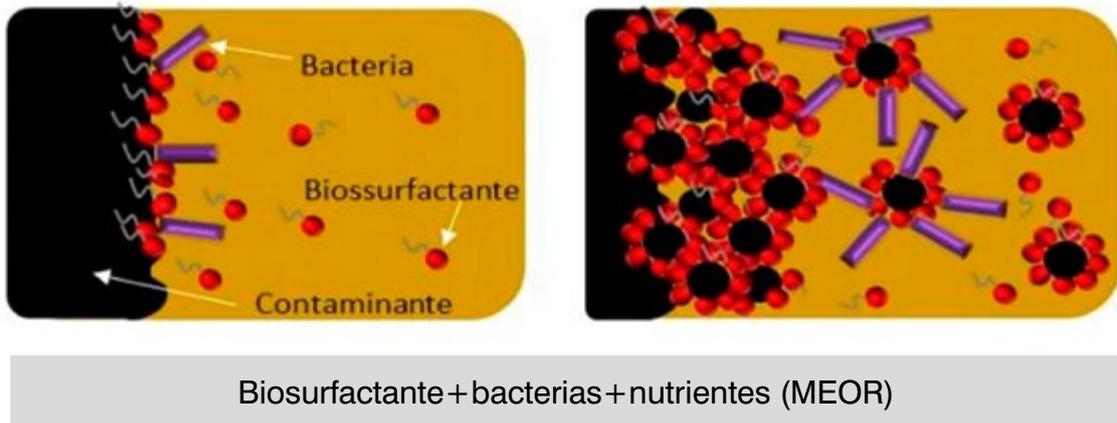


Fig. 1. Papel de microorganismos en la técnica MEOR. Se observa la presencia de bacterias y de su producción de biosurfactantes para incrementar la solubilidad y degradación del petróleo. Imagen tomada de Filho *et al.* (2023).



agotado los procesos de recuperación primaria y secundaria (Geetha *et al.*, 2018)

¿Cómo están involucradas las bacterias?

La técnica MEOR implica dos mecanismos. Uno es el efecto de biodegradación, que consiste en la conversión *in situ* de hidrocarburos de cadena larga a hidrocarburos de cadena corta por bacterias degradadoras de hidrocarburos, y otro es la producción de biosurfactantes (Fig. 1) (Wang *et al.*, 2019).

Vamos a centrarnos en los biosurfactantes. Estos son un grupo heterogéneo de moléculas producidas por bacterias y compuestas por una parte hidrofílica (aminoácidos, péptidos, cationes, aniones y mono, di o polisacáridos) y una parte hidrofóbica (ácidos grasos saturados e insaturados). Estas moléculas son capaces de reducir la tensión interfacial entre las fases acuosa y orgánica, no son tóxicas, son biodegradables y son estables en condiciones extremas de temperatura, pH y salinidad. *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Rhodococcus sp.* y

Acinetobacter sp., son algunos de los microorganismos más conocidos para la producción de biosurfactantes.

¿Cómo obtener estos biosurfactantes de las bacterias?

Cuando se tienen identificados los microorganismos productores de biosurfactantes, se procede a un aislamiento para posteriormente recuperar los biosurfactantes; esto depende principalmente de su carga iónica, solubilidad y localización (intracelular, extracelular o ligadas a la pared celular). Existen varios métodos para extraer los biosurfactantes, algunos de ellos son: ultracentrifugación, ultrafiltración, precipitación con ácido o sal y extracción por solvente. Los compuestos orgánicos como el cloroformo y metanol son los más efectivos para el proceso de extracción, ya que se ajustan a la polaridad de la molécula de biosurfactante.

Gracias a estas técnicas de extracción, alumnos de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Anáhuac Veracruz, Campus Xalapa, han podido estudiar la presencia de bacterias productoras de biosurfactantes en Veracruz, uno

Figura tomada de: <https://elchamuco.com.mx/2024/01/04/con-243-mil-barriles-diarios-refineria-dos-bocas-arrancara-produccion-el-31-de-enero-pemex>





de los estados más importantes en la producción de petróleo en México. Algunos resultados preliminares han determinado extracciones de biosurfactantes eficientes a partir de microorganismos de la Antigua, Veracruz y el Puerto de Veracruz. No obstante, estos estudios siguen en proceso para determinar las especies bacterianas responsables de la producción de biosurfactantes, así como de su aplicación en simulaciones de la técnica MEOR.

Conclusiones

La técnica de recuperación mejorada de petróleo asistida por microorganismos (MEOR) se presenta como una alternativa prometedora y amigable con el ambiente para la recuperación de hidrocarburos pesados, especialmente en yacimientos maduros o agotados. La investigación para recolectar microorganismos productores de biosurfactantes es un paso importante en la implementación de esta técnica, ya que permitirá mejorar la recuperación de crudos pesados, como el crudo Maya. Además, la explotación de petróleo ha sido esencial para el desarrollo de la industria petrolera mexicana y el crecimiento económico del país, por lo que su continuidad es precisa para el futuro de México.

Referencias

- Comisión Nacional de Hidrocarburos (2012). *El Futuro de la Producción de Aceite en México: Recuperación Avanzada y Mejorada, IOR-EOR*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/149844/IOR_EOR_published.pdf
- Filho, A. A. P. S., Converti, A., De Cássia F. Soares Da Silva, R. y Sarubbo, L. A. (2023). Biosurfactants as multifunctional remediation agents of environmental pollutants generated by the petroleum industry. *Energies*, 16(3), 1209. <https://doi.org/10.3390/en16031209>
- Geetha, S. J., Banat, I. M. y Joshi S. J. (2018). Biosurfactants: Production and potential applications in microbial enhanced oil recovery (MEOR). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 14, 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.01.010>
- PMI Comercio Internacional. (2016). Tipos de petróleo Crudo. <https://www.pmi.com.mx/Paginas/Tipoproducto.aspx?IdSec=14>
- Puerto Dos Bocas. (2019). *Tipos de Petróleo Crudo en México*. <https://www.puertodosbocas.com.mx/ultimas-noticias/288-tipos-de-petroleo%02crudoen-mexico-2019>
- Wang, X., Li, X., Yu, L., Li, Y., Huang, L., Lin, W. y Li, D. (2019). Distinctive microbial communities imply the main mechanism in a MEOR trial in high pour-point reservoir. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 175(Complete), 97-107. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.12.032>

Figura tomada de Freepick.com

