

# EL BIODIESEL: UNA ALTERNATIVA RENOVABLE Y AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE

## Hacia un horizonte verde: Las perspectivas del biodiesel en la industria energética

Dra. Issis Claudette Romero Ibarra, Dra. Gabriela Elizabeth Mijangos Zúñiga, Diego Eduardo Martínez Bedolla, Omar Monteros Sánchez, Erik Cohen Ramirez Durón

Sección de Estudios de Posgrado e Investigación / Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas

Instituto Politécnico Nacional

*iromero@ipn.mx, gmijangosz1000@alumno.ipn.mx, dmartinezb1601@alumno.ipn.mx, omonteross1900@alumno.ipn.mx, cohenupiita0@gmail.com*

Romero, I., Mijangos, G., Martínez, D. Monteros, O. & Ramírez, E. (1 de noviembre de 2023). El biodiesel: una alternativa renovable y amigable con el medio ambiente. Boletín UPIITA. 18 (99).

## Resumen

Los biocombustibles, especialmente el biodiesel, han surgido como una alternativa prometedora a los combustibles fósiles en el contexto de la transición hacia fuentes de energía más sostenibles. Su producción y uso pueden contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y a la diversificación de las fuentes de energía. Si bien existen desafíos que deben superarse, el biodiesel ofrece un potencial significativo para avanzar hacia una sociedad más sostenible desde el punto de vista energético. Este artículo expone la importancia del biodiesel como un combustible renovable de gran potencial.

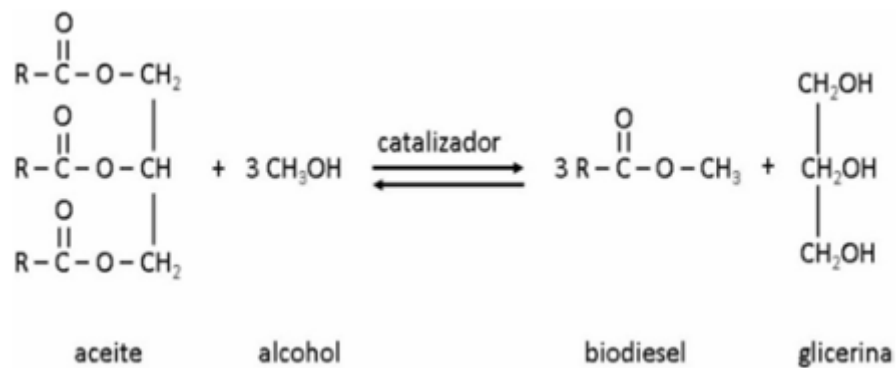
## 1. Introducción

El calentamiento global es un tema que en los últimos años ha sido de mucho interés en el todo el mundo debido a los problemas que han generado en el medio ambiente. Las emisiones de gases de efecto invernadero son la principal causa de este problema (Chong et al., 2023). Estos gases son generados por el uso de los combustibles fósiles que actualmente representan el 80 % del consumo energético mundial (CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2012). Pero existen algunas alternativas como los biocombustibles los cuales han recibido una especial atención debido a que son una fuente importante de energía renovable. Se define como biocombustible a "combustible líquido, sólido o gas producido por la conversión de biomasa", como ejemplo de ello tenemos el bioetanol proveniente de la caña de azúcar o maíz, el biogás generado por la descomposición anaeróbica de desechos y el biodiesel producido a partir de aceites vegetales o grasas animales (Boly & Sanou, 2022). En este artículo hablaremos específicamente de biodiesel.

## 2. Producción de biodiesel

El biodiesel es un combustible compuesto por ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga (ASTM D6751, 2010). La reacción de transesterificación es la reacción que se requiere para producir biodiesel, esta reacción se lleva a cabo a partir de aceites vegetales y/o grasas animales. El biodiesel es un biocombustible renovable, biodegradable, es libre de azufre, tiene menores emisiones de CO<sub>2</sub> y puede ser sustituto del diesel fósil y utilizarse en motores diesel sin ninguna modificación.

La reacción de transesterificación se realiza con una molécula de aceite, más tres moléculas de un alcohol de cadena corta en presencia de un catalizador. Los productos obtenidos de esta reacción son los ésteres metílicos (biodiesel) y el glicerol que se genera en un 10 %. La reacción de transesterificación, descrita anteriormente, se muestra en la Figura 1.



**Figura 1** Reacción de transesterificación para obtener biodiesel.

La reacción de transesterificación se lleva a cabo en presencia de un catalizador que según la RAE es una "sustancia que, en pequeña cantidad, incrementa la velocidad de una reacción química y se recupera sin cambios esenciales al final de la reacción" (Real Academia Española, n.d.). Los catalizadores que se utilizan para la producción de biodiesel son catalizadores homogéneos, heterogéneos y enzimáticos. Los catalizadores enzimáticos son catalizadores biológicos que necesitan condiciones muy específicas para poder llevar a cabo la reacción por lo que para esta aplicación no son muy utilizados. La catálisis homogénea se lleva a cabo cuando los reactivos y el catalizador se encuentran en la misma fase mientras que en la catálisis heterogénea los reactivos y los productos se encuentran en diferentes fases.

Los catalizadores homogéneos comúnmente utilizados en la industria para la producción de biodiesel son el hidróxido de sodio (NaOH) (Keera et al., 2011), el hidróxido de Potasio (KOH) (Dias et al., 2008), el ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), el ácido clorhídrico (HCl) (Farag et al., 2011), entre otros. Los rendimientos que se obtienen utilizando estos catalizadores son de aproximadamente del 95 % pero con tiempos largos de reacción y temperaturas relativamente altas (mayores a 100°C). Los catalizadores homogéneos presentan ciertas desventajas con respecto a los catalizadores heterogéneos. La separación del catalizador del seno de la reacción es la desventaja común debido a que se encuentra en la misma fase que los productos obtenidos. El catalizador debe de neutralizarse y el biodiesel debe de pasar un proceso de purificación para poder caracterizarlo posteriormente. Debido a esas complicaciones, se proponen nuevos materiales como los catalizadores heterogéneos, los cuales, al encontrarse en una fase diferente a los reactivos precursores, son fáciles de separar una vez terminada la reacción. Además, al recuperar el catalizador, se puede reutilizar en la misma reacción de transesterificación lo que hace que sean más eficientes y amigables con el medio ambiente. Los catalizadores como el óxido de magnesio (MgO), el óxido de calcio (CaO) (Kawashima et al., 2009), el óxido de Estroncio (SrO) son catalizadores heterogéneos que han sido empleados para la producción de biodiesel. Actualmente se están estudiando nuevos materiales como el silicato de sodio (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) (Mijangos et al., 2022) y el zirconato de sodio (Na<sub>2</sub>ZrO<sub>3</sub>) (Santiago-Torres et al., 2014) con los cuales se han obtenido resultados favorables con condiciones suaves de reacción (65°C aproximadamente), a tiempo cortos entre 30-60 minutos de reacción con rendimientos del 98.8%. El escalado de la reacción de transesterificación utilizando catalizadores heterogéneos actualmente representa un gran reto y objeto de estudio.

### 3. Producción de biodiesel en México

En lo que respecta a México, en el año 2008 se aprobó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, la cual ha fungido como la primordial referencia normativa en materia de biocombustibles en nuestro país. En su artículo no.1 se establece "la promoción y desarrollo de los bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable como condiciones que permiten garantizar el apoyo al campo mexicano" (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2008).

Las principales materias primas para producir biodiésel en nuestro país son los aceites de cocina usados, y aceites vegetales como el de palma, coco, soya, girasol, higuera y jatropa. México posee alrededor de

13 millones de hectáreas para el cultivo de semillas oleaginosas que podrían destinarse a la producción de biodiesel (Denis et al., 2022). Este escenario convierte al territorio mexicano en un candidato idóneo para el desarrollo de la industria de los biocombustibles. Sin embargo, las limitaciones para la producción de biocombustibles que se han presentado en nuestro país comprenden: la competencia con el sector alimenticio; la disputa por la tierra y el agua; la falta de inversión en tecnología e infraestructura; y el abandono legislativo de esta industria (Serna et al., 2011).

#### 4. Transesterificación Directa como estrategia de mejora en la producción de biodiesel

El biodiesel se produce industrialmente mediante la reacción de transesterificación convencional en la cual se parte de un aceite vegetal como materia prima. Pero existen una alternativa a la reacción convencional, la transesterificación directa. La reacción de transesterificación directa se lleva a cabo utilizando semilla como materia prima, la cual se hace reaccionar directamente con el metanol y el catalizador para producir biodiesel en un solo paso, es decir, la extracción del aceite y la transesterificación se realiza en el mismo reactor. Mientras que la reacción convencional conlleva un proceso previo de extracción o de recuperación del aceite, en la transesterificación directa solo es necesario triturar la semilla y hacerla reaccionar durante 4 horas para obtener biodiesel de alta pureza.

La reacción de transesterificación directa para producción de biodiesel ha sido desarrollada y evaluada en el laboratorio de síntesis química de la UPIITA, utilizando como materia prima semilla de *Ricinus communis* (higuerilla) (Martínez et al., 2018) y semilla de *Jatropha curcas* (Martínez et al., 2019). Además, se han sintetizado catalizadores tipo óxido laminar como el silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) y el zirconato de sodio ( $\text{Na}_2\text{ZrO}_3$ ) para llevar a cabo la reacción. Actualmente, en el laboratorio se están sintetizando y evaluando nuevos catalizadores basados en bismuto con los cuales se busca mejorar los tiempos de reacción para obtención de biodiesel.

#### 5. Conclusiones

El biodiesel representa una alternativa de energía renovable en México. A medida que el país busca reducir su dependencia de los combustibles fósiles y mitigar los impactos ambientales negativos, el biodiesel emerge como una opción viable y sostenible. Además, ofrece numerosos beneficios ambientales, ya que es una fuente de energía renovable que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero y disminuye la contaminación atmosférica. Al reemplazar parte de los combustibles fósiles en el transporte y la industria, se puede contribuir a mejorar la calidad del aire y mitigar el cambio climático.

El biodiesel representa una alternativa prometedora y viable en el panorama energético de México. Si se toman las medidas adecuadas para impulsar su desarrollo y adoptar enfoques responsables, el país puede avanzar hacia una mayor autonomía energética, una menor dependencia de los combustibles fósiles y un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

#### Referencias y recursos electrónicos

1. ASTM D6751. (2010). Standard Specification for Biodiesel Fuel Blend Stock (B100) for Middle Distillate Fuels. ASTM International, i, 1-11.
2. Boly, M., & Sanou, A. (2022). Biofuels and food security: evidence from Indonesia and Mexico. *Energy Policy*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112834>
3. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2008). Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. In *Diario Oficial de la Federación*.
4. Chong, D., Wang, N., Su, S., & Li, L. (2023). Global warming impact assessment of asphalt pavement by integrating temporal aspects: A dynamic life cycle assessment perspective. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 117, 103663. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103663>
5. s.a. (2012). CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2012. OECD. [https://doi.org/10.1787/co2\\_fuel1-2012-en](https://doi.org/10.1787/co2_fuel1-2012-en)
6. Denis, D., Cabrera-Munguía, A., Romero Galarza, A., Abigail, R., Montes, L., Leopoldo, D., Rios González, J., Zenaida, D., & Leyva Inzunza, C. (2022). Producción de Biodiesel en México: Estado Actual y perspectivas Biodiésel

- Production in Mexico: Current Status and Perspectives. *CienciAcierta*, 72.
7. Dias, J. M., Alvim-Ferraz, M. C. M., & Almeida, M. F. (2008). Comparison of the performance of different homogeneous alkali catalysts during transesterification of waste and virgin oils and evaluation of biodiesel quality. *Fuel*, 87(17-18), 3572-3578. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.06.014>
  8. Farag, H. A., El-Maghraby, A., & Taha, N. A. (2011). Optimization of factors affecting esterification of mixed oil with high percentage of free fatty acid. *Fuel Processing Technology*, 92(3) 507-510. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2010.11.004>
  9. Kawashima, A., Matsubara, K., & Honda, K. (2009). Acceleration of catalytic activity of calcium oxide for biodiesel production. *Bioresource Technology*, 100(2), 696-700. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.06.049>
  10. Keera, S. T., El Sabagh, S. M., & Taman, A. R. (2011). Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using alkaline catalyst. *Fuel*, 90(1), 42-47. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.07.046>
  11. Martínez, A., Mijangos, G. E., Romero-Ibarra, I. C., Hernández-Altamirano, R., & Mena-Cervantes, V. Y. (2019). In-situ transesterification of *Jatropha curcas* L. seeds using homogeneous and heterogeneous basic catalysts. *Fuel*, 235(June 2018), 277-287. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.07.082>
  12. Martinez, A., Mijangos, G. E., Romero-Ibarra, I. C., Hernández-Altamirano, R., Mena-Cervantes, V. Y., & Gutiérrez, S. (2018). A novel green one-pot synthesis of biodiesel from *Ricinus communis* seeds by basic heterogeneous catalysis. *Journal of Cleaner Production*, 196, 340-349. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.241>
  13. Mijangos, G. E., Cautli, C., Romero-Ibarra, I. C., Vazquez-Arenas, J., Santolalla-Vargas, C. E., Santes, V., Castañeda-Galván, A. A., & Pfeiffer, H. (2022). Experimental and theoretical analysis revealing the underlying chemistry accounting for the heterogeneous transesterification reaction in  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  and  $\text{Li}_2\text{SiO}_3$  catalysts. *Renewable Energy*, 184, 845-856. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.11.090>
  14. Real Academia Española. (n.d.). Diccionario de la Lengua Española. Retrieved May 11, 2020, from <https://dle.rae.es/catalizador>
  15. Santiago-Torres, N., Romero-Ibarra, I. C., & Pfeiffer, H. (2014). Sodium zirconate ( $\text{Na}_2\text{ZrO}_3$ ) as a catalyst in a soybean oil transesterification reaction for biodiesel production. *Fuel Processing Technology*, 120, 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2013.11.018>
  16. Serna, F., Barrera, L., & Montiel, H. (2011). Impacto Social y Económico en el Uso de Biocombustibles. In *J. Technol. Manag. Innov* (Vol. 6, Issue 1). <http://www.jotmi.org>