

Evaluación sobre la producción y la viabilidad comercial del biodiésel en México

Assessment on production and commercial viability of biodiesel in Mexico

Geovani Flores S.¹, Jorge A. Mendoza P.¹, Ignacio García S.², Frida C. López L.¹, Ángel E. Lugo D.¹, José F. Carmona N.¹, Saraf Reyes C.³

Autor de correspondencia: Jorge Alberto Mendoza Pérez, jmendozap@ipn.mx

¹ Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB).

² Instituto Politécnico Nacional, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Energía y Movilidad IPN (UPIEM).

³ Instituto Politécnico Nacional, Centro Mexicano para Producción Más Limpia (CMP+L).

Resumen

A nivel global, la participación de los biocombustibles en el consumo energético total aún se considera reducida. Sin embargo, el biodiésel ha registrado tasas de crecimiento superiores a las del bioetanol, impulsadas principalmente por la implementación de mandatos de mezcla obligatoria y políticas públicas orientadas a la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). La producción mundial se concentra en un número limitado de países y depende mayoritariamente de aceites vegetales como materia prima. No obstante, cabe señalar que se observa una participación creciente de materias primas alternativas, como aceites de cocina usados y grasas animales residuales, en la estructura de producción. En el contexto nacional, el consumo y la producción de biodiésel en México se consideran incipientes. Esta situación se atribuye principalmente a la ausencia de un mandato obligatorio de mezcla a nivel federal y a un marco regulatorio cuya implementación efectiva ha sido limitada. Por otra parte, el análisis territorial permitió identificar diferencias significativas en la competitividad potencial entre entidades federativas estratégicas. Dichas diferencias están asociadas a variables clave como la disponibilidad de insumos, las condiciones logísticas y los indicadores económicos y ambientales locales. Los resultados del estudio evidencian que, bajo condiciones adecuadas de política pública, un abastecimiento confiable y sostenible de materias primas y una estructura de costos eficiente, el biodiésel representa una oportunidad viable para fortalecer la diversificación de la matriz energética nacional y promover el desarrollo sostenible a escala regional.

Palabras clave: Biodiésel, biocombustibles, desarrollo sostenible.

Abstract

At the global level, the share of biofuels in total energy consumption is still considered limited. However, biodiesel has exhibited higher growth rates than bioethanol, mainly driven by the implementation of mandatory blending mandates and public policies aimed at reducing greenhouse gas (GHG) emissions. Global production is concentrated in a limited number of countries and relies predominantly on vegetable oils such as feedstock. Nevertheless, a growing participation of alternative feedstocks, such as used cooking oils and residual animal fats, can be observed within the production structure. In the national context, biodiesel consumption and production in Mexico are considered incipient. This situation is primarily attributed to the absence of a federal mandatory blending mandate and to a regulatory framework whose effective implementation has been limited. Furthermore, the territorial analysis allowed for the identification of significant differences in potential competitiveness among strategic federal entities. These differences are associated with key variables such as feedstock availability, logistical conditions, and local economic and environmental indicators. The results of the study demonstrate that, under appropriate public policy conditions, a reliable and sustainable feedstock supply, and an efficient cost structure, biodiesel represents a viable opportunity to strengthen the diversification of the national energy matrix and to promote sustainable development on the regional scale.

Keywords: Biodiesel, biofuels, Sustainable development.

Recibido: 05/03/2026; Aceptado: 07/04/2026; Publicado 30/04/2026

Introducción

El biodiésel se ha consolidado como uno de los biocombustibles líquidos con mayor potencial para contribuir a la diversificación energética, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el fortalecimiento de la seguridad energética. Su relevancia se ha incrementado en el contexto de la transición energética global, particularmente en el sector transporte, donde el consumo de combustibles fósiles continúa siendo predominante. Sin embargo, el desarrollo del biodiésel presenta marcadas diferencias entre regiones, determinadas por factores regulatorios, económicos, tecnológicos y territoriales.

El Estudio de competitividad del biodiésel constituye un análisis integral que aborda estas dimensiones desde una perspectiva global, nacional y subnacional, permitiendo evaluar no solo la viabilidad técnica y económica del biodiésel, sino también su potencial como

instrumento de política pública y desarrollo regional. El documento enfatiza que, a pesar del crecimiento sostenido del biodiésel a nivel internacional, su participación en la matriz energética global sigue siendo limitada en comparación con los combustibles fósiles, lo que revela la persistencia de barreras estructurales para su consolidación.

En el caso de México, el biodiésel se encuentra en una etapa incipiente de desarrollo. Se identifica como factores críticos la ausencia de mandatos obligatorios de mezcla, la limitada implementación del marco regulatorio y la falta de articulación entre los actores de la cadena de valor. En este contexto, el propósito de este artículo de revisión es no solamente sintetizar y examinar los hallazgos más importantes sobre la competitividad del biodiésel en México, sino también detectar los elementos estructurales que obstaculizan su avance y sugerir estrategias técnicas, económicas y regulatorias que faciliten cerrar la brecha de competitividad frente al diésel fósil. En esta dirección, el trabajo tiene como objetivo brindar un punto de vista crítico que vaya más allá de la

descripción del estado presente. Para ello, incluye componentes comparativos y propositivos que se centran en la toma de decisiones en términos de política energética.

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de revisión de literatura de tipo analítico y comparativo, utilizando información secundaria proveniente de organismos internacionales y nacionales especializados en energía, agricultura y desarrollo sostenible. Entre las principales fuentes consultadas se incluyen reportes de la Agencia Internacional de Energía (IEA), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), la Secretaría de Energía (SENER), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y la Red Mexicana de Bioenergía (REMBIO).

La metodología se organizó en tres niveles de análisis. En primer lugar, se realizó un análisis global para describir la evolución de la producción, el consumo y las materias primas del biodiésel, además de los marcos regulatorios internacionales más relevantes. En segundo lugar, se realizó un análisis del contexto nacional de México, centrado en la evaluación de la situación del biodiésel en el país. Para ello, se tomaron en cuenta factores como las condiciones del mercado, el marco legal, la estructura de costos y el consumo energético. Por último, se realizó un análisis territorial comparativo entre las entidades federativas de Querétaro y Yucatán con el propósito de distinguir diferencias en la capacidad competitiva, considerando variables logísticas, económicas y la disponibilidad de insumos.

El tratamiento de la información se realizó utilizando métodos descriptivos y comparativos, los cuales fueron complementados con una perspectiva crítica enfocada en determinar los factores más importantes que restringen la competitividad del biodiésel en México. Además, se realizó un análisis interpretativo que posibilitó la sugerencia de estrategias técnicas y regulatorias fundamentadas en la evidencia recolectada.

A. Panorama global del biodiésel

A nivel internacional, el biodiésel representa una fracción menor del consumo energético total, Figura 1; no obstante, ha mostrado tasas de crecimiento superiores a las de otros biocombustibles líquidos en la última década. El documento señala que este crecimiento ha sido impulsado principalmente por la implementación de políticas públicas, en particular los mandatos obligatorios de mezcla con diésel fósil, vigentes en un número creciente de países.

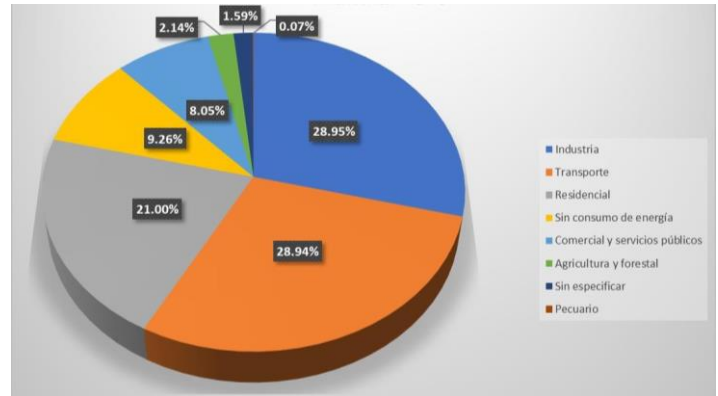


Figura 1. Participación por tipo de energía en el consumo total mundial 2019. Fuente: IEA, 2022.

El volumen de la producción mundial de biocombustibles en 2020 fue de 151.38 millones de m³, que respecto a la producción mundial de 2010 de 106.96 millones de m³, tuvo un crecimiento de 29.34%, respecto a la producción de 2015 de 131.92 millones de m³, tuvo un crecimiento del 12.86%, y frente a 2019 hubo una caída del -7.92% con 163.37 millones de m³ producidos (IICA, 2021), como se muestra en la Figura 2.

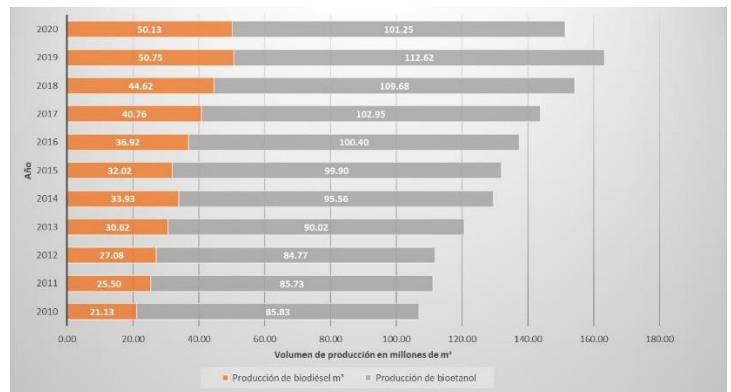


Figura 2. Producción mundial de biocombustibles en millones de m³ 2010, 2020. Fuente: Elaboración propia con base en el "Atlas de Biocombustibles líquidos 2020-2021" del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura de la Organización de Estados Americanos (IICA), 2021.

Sin embargo, la producción mundial de biodiésel se encuentra altamente concentrada en unos pocos países líderes, los cuales cuentan con marcos regulatorios consolidados, acceso competitivo a materias primas y capacidades industriales desarrolladas. Estados Unidos, Brasil, Indonesia y varios países de la Unión Europea destacan como los principales productores y consumidores, tal y como se muestra en la Tabla 1. Esta concentración refleja economías de escala, estabilidad normativa y mecanismos de apoyo al mercado que no están presentes en países con mercados emergentes.

Tabla 1. Principal fuente de aceite para la producción de biodiésel de los cinco mayores productores mundiales de biodiésel.

Principal fuente de aceite para la producción de biodiésel del Top 5 productores mundiales de biodiésel		
Número	País	Tipo fuente de aceite
1	Estados Unidos	Aceite de soja y aceite usado de cocina
2	Indonesia	Aceite de palma
3	Brasil	Aceite de soja
4	Alemania	No disponible
5	Tailandia	Aceite de palma

Fuente: Elaboración propia a partir de datos FAO, 2021.

De acuerdo con datos de la ICCA, en la última década (2011-2020) el consumo mundial de biocombustibles líquidos tuvo un crecimiento acumulado de 47 %. En 2019, con una tasa de variación interanual que osciló entre -10 % y 11 %, mostró una clara tendencia creciente, superando los 163 000 000 m³.

En la Figura 3 se puede observar que el volumen del consumo mundial de biodiésel en 2020 fue de 50.62 mil m³, que respecto al consumo mundial de 2010 fue de 21.07 mil m³, tuvo un crecimiento de 58.38%, respecto al consumo de 2015 de 33.30 mil m³, tuvo un crecimiento del 34.22%, y frente a 2019 hubo un crecimiento del 1.50% con 49.86 mil m³ consumidos.

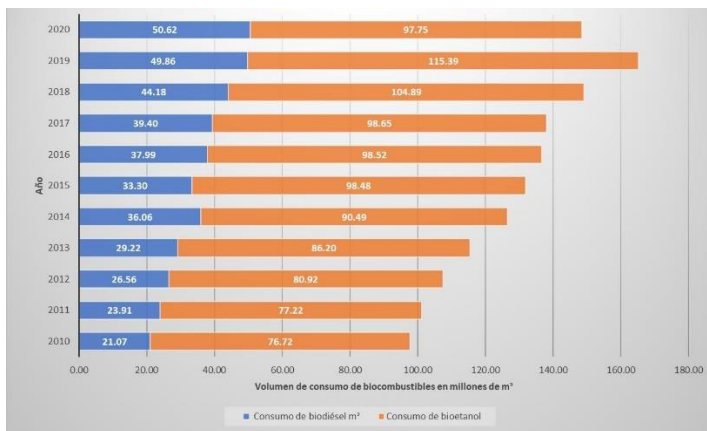


Figura 3. Consumo mundial de biocombustibles en millones de m³ 2010, 2020.

Fuente: Elaboración propia con base en el “Atlas de Biocombustibles líquidos 2020-2021” del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura de la Organización de Estados Americanos (IICA), 2021.

En cuanto a las materias primas, la producción global depende mayoritariamente de aceites vegetales (Figura 4) como palma (32 %), soja (26 %) y colza (15 %), aunque se observa una tendencia creciente hacia el uso de materias primas residuales (27 %), como aceites de cocina usados y grasas animales. Esta diversificación responde tanto a

criterios económicos como ambientales, al reducir la competencia con el sector alimentario y mejorar el desempeño ambiental del biodiésel.

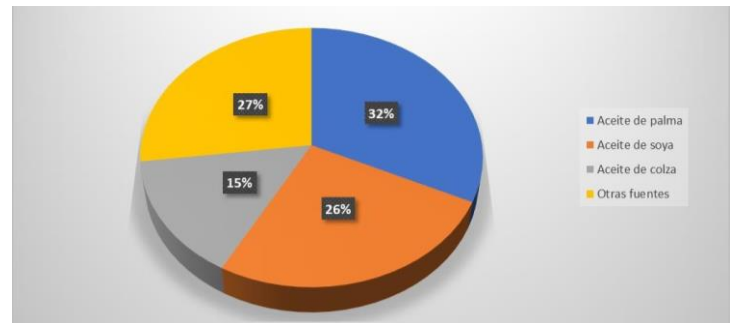


Figura 4. Principales materias primas como fuente de producción de biodiésel 2020.

Fuente: Elaboración propia con base en el “Atlas de Biocombustibles líquidos 2020-2021” del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura de la Organización de Estados Americanos (IICA), 2021.

De acuerdo con los porcentajes de participación anterior, durante 2020 se produjeron 16.5 millones de m³ de biodiésel a partir de aceite de palma, alrededor de 13 millones de m³ con aceite de soja, y 7 millones de m³ a base de aceite de colza (IICA, 2021).

B. Marco regulatorio internacional del biodiésel

El desarrollo y consolidación del biodiésel a nivel internacional ha estado estrechamente vinculado a la existencia de marcos regulatorios sólidos y coherentes, particularmente a través de mandatos obligatorios de mezcla con diésel fósil. Estos instrumentos han sido determinantes para garantizar la demanda, reducir la incertidumbre del mercado y estimular la inversión en infraestructura productiva. En este sentido, los países con mayor producción y consumo de biodiésel cuentan con políticas de largo plazo que establecen porcentajes mínimos de mezcla, esquemas de incentivos fiscales y mecanismos de certificación ambiental.

En la Unión Europea, por ejemplo, las directivas de energías renovables han impulsado el uso de biocombustibles sostenibles en el transporte, incorporando criterios de reducción de emisiones de GEI y trazabilidad de materias primas. De manera similar, Estados Unidos ha promovido el biodiésel mediante el Renewable Fuel Standard (RFS), que establece volúmenes obligatorios de biocombustibles avanzados, incluyendo el biodiésel (IEA, 2020; OECD-FAO, 2021). En América Latina, países como Brasil y Argentina han consolidado mercados internos a partir de mandatos progresivos de mezcla y esquemas de apoyo a productores nacionales.

La ausencia o debilidad de estos instrumentos regulatorios limita severamente la competitividad del biodiésel, ya que impide alcanzar

economías de escala y reduce la certidumbre para los inversionistas. Asimismo, se destaca que los marcos regulatorios más avanzados integran criterios ambientales, sociales y económicos, lo que contribuye a mejorar la aceptación del biodiésel como combustible sostenible y competitivo.

C. Estructura de costos y materias primas en el marco internacional

La estructura de costos del biodiésel constituye uno de los factores más críticos para su competitividad frente al diésel fósil. De acuerdo con el documento, el costo de las materias primas representa entre el 60 y el 80 % del costo total de producción, lo que convierte a la disponibilidad y precio de los insumos en un elemento determinante para la viabilidad económica del biodiésel. Los aceites vegetales comestibles como soya, palma y colza continúan siendo las principales materias primas a nivel global; sin embargo, su uso está sujeto a una alta volatilidad de precios y a cuestionamientos relacionados con la seguridad alimentaria (Enguilo *et al.*, 2021).

Con base en los datos del Departamento de Energía de Estados Unidos, el precio promedio comercial en el mercado minorista de biodiésel, en específico del biodiésel B20 (mezcla de 20% de biodiésel y 80% de diésel convencional), entre el 01 de octubre y 15 de octubre de 2021 fue de \$3.29 dólares americanos (USD) por galón (3.78 litros) (Figura 5), mientras que el precio promedio para el diésel regular en el mismo periodo fue de \$3.48 USD por galón, existiendo una diferencia de precios menor del B20 de \$0.19 USD, sin embargo esta diferencia se encuentra entre el rango de los \$0.10 USD y \$1.24 USD (U.S. Department of Energy, 2021).

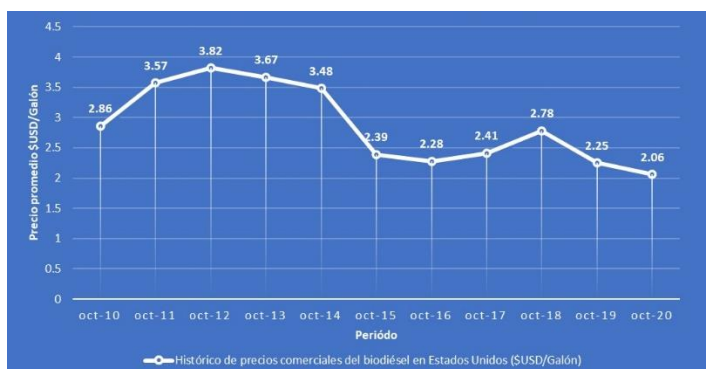


Figura 5. Histórico de precios comerciales del biodiésel en Estados Unidos (\$USD/Galón) Fuente: Elaboración propia con datos del “U.S Departamento of Energy; “Alternative fuel Price report”, 2021.

Ante este escenario, el estudio destaca la creciente relevancia de materias primas alternativas, como los aceites de cocina usados y las

grasas animales residuales, las cuales permiten reducir costos de producción y mejorar el desempeño ambiental del biodiésel. Estas materias primas han adquirido un papel estratégico en regiones con marcos regulatorios que incentivan el aprovechamiento de residuos, particularmente en la Unión Europea y América del Norte.

D. Situación actual de la producción de biodiésel en México

El consumo de energía en México en 2019 fue de 4,846,996 TJ, de los cuales la mayoría proviene de combustibles fósiles con el 59.77% (Derivados del petróleo 59.77%, Gas natural 10.63% y Carbón 6.35%), seguido por la electricidad con el 20.80%, los biocombustibles en tercer lugar con el 6.35% y las energías renovables con el 0.28%, tal como lo muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Consumo nacional de energía por tipo de fuente 2019.

Fuente de energía	Consumo de energía mundial (TJ)	Participación por tipo de energía en el consumo total nacional
Derivados del petróleo	2,896,838	59.77 %
Electricidad	1,008,272	20.80 %
Gas Natural	515,062	10.63 %
Biocombustibles	307,878	6.35 %
Carbón	105,150	2.17 %
Eólica, solar y otras energías renovables	13,796	0.28 %
Total	4,846,996	100 %

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IEA, 2022.

En el contexto nacional, el documento identifica que la producción y el consumo de biodiésel en México se mantienen en una fase incipiente, con volúmenes limitados y una baja penetración en el mercado energético. A diferencia de los países líderes, México carece de un mandato federal obligatorio de mezcla de biodiésel con diésel fósil, lo que genera una demanda inestable y limita el desarrollo de proyectos a escala comercial. Esta condición se traduce en una alta incertidumbre para los inversionistas y en dificultades para consolidar cadenas de suministro competitivas.

De acuerdo con el Centro de Estudios para el Desarrollo Rural y Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), México produce pequeñas cantidades de etanol, en 2019 el país produjo apenas 144,000 m³, de los cuales 54,000 m³ fueron consumidos como biocombustible, que representan el 37.5% del consumo total producido. Por otro lado, el consumo de total de etanol (que incluye las importaciones) en México fue de 319,000 m³ (que representa 0.29% de consumo mundial), de los cuales 171,000 m³ fueron consumido como combustible, que representa el 53.61% del consumo total nacional

Por otra parte, el principal proveedor de biodiésel en 2019 fue Estados Unidos, país que produjo principalmente aceites vegetales de soya, maíz y colza, y del que México importó 2,240 toneladas de biodiesel. Dichos volúmenes han registrado una disminución del año 2016 con 20,440 toneladas a 2019 con 2,240 toneladas (CEDRSSA, 2020)

El estudio señala que, aunque existe un marco normativo que reconoce a los biocombustibles como parte del sistema energético nacional, su implementación ha sido fragmentada y con alcances limitados. Como consecuencia, la producción de biodiésel en el país depende principalmente de iniciativas aisladas, muchas de ellas de pequeña escala, que enfrentan barreras económicas, logísticas y regulatorias.

Las diferencias entre entidades federativas en términos de disponibilidad de materias primas, infraestructura logística, condiciones económicas y capacidades institucionales influyen de manera significativa en la viabilidad del biodiésel. Esta heterogeneidad refuerza la necesidad de realizar análisis territoriales específicos, como los desarrollados en el estudio, para identificar regiones con mayor potencial competitivo y orientar estrategias de política pública y planeación energética.

E. Marco normativo nacional y barreras regulatorias

El documento identifica que uno de los principales factores que limitan el desarrollo del biodiésel en México es la debilidad del marco normativo en términos de implementación efectiva. Si bien existen disposiciones legales que reconocen a los biocombustibles como parte del sistema energético nacional, como lo es la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos (LPDB) y su reglamento, estas no se han traducido en instrumentos regulatorios vinculantes que garanticen su integración al mercado de combustibles. En particular, la ausencia de un mandato obligatorio de mezcla a nivel federal constituye una barrera estructural para la consolidación del biodiésel como alternativa competitiva.

El estudio señala que esta falta de obligatoriedad genera un entorno de alta incertidumbre para los productores, al no existir una demanda asegurada que permita planificar inversiones de mediano y largo plazo. Asimismo, se identifica una limitada coordinación institucional entre las entidades responsables de la política energética, ambiental y agroindustrial, lo que dificulta la articulación de una estrategia integral para el desarrollo del biodiésel. A ello se suman procesos administrativos complejos y costos regulatorios que afectan de manera desproporcionada a proyectos de pequeña y mediana escala.

Otro aspecto relevante destacado en el documento es la inexistencia de incentivos económicos específicos para el biodiésel, tales como

estímulos fiscales, esquemas de precios preferenciales o mecanismos de apoyo a la producción sostenible. Esta situación contrasta con la experiencia internacional, donde dichos instrumentos han sido clave para reducir brechas de competitividad frente al diésel fósil y acelerar la adopción del biodiésel en el mercado.

F. Análisis de la competitividad económica del biodiésel en México

Desde una perspectiva económica, el documento realiza un análisis detallado de la competitividad del biodiésel en México, considerando factores como costos de producción, precios de referencia, disponibilidad de insumos y condiciones de mercado. Encontrándose los costos de producción de biodiésel en un rango de entre \$5.30 pesos mexicanos (MXN) a \$12.4 MXN por litro (L), esto con base a lo reportado por IICA para el año 2017. Asimismo, con base en las proyecciones de cultivo (ha) y producción (t) que hace la REMBIO en el largo plazo, a 2030, de las principales oleaginosas (palmade aceite, coco, soja, girasol e higuera), se estima que el rango promedio de costos de producción de aceite con las cinco principales oleaginosas es de \$5.19 MXN/L a \$29.76 MXN/L, que equivale a un rango de costos de aceite de \$5,190 MXN/m³ a \$29,760 MXN/m³. Los resultados indican que, en ausencia de políticas de apoyo, el biodiésel presenta dificultades para competir en precio con el diésel fósil, especialmente en escenarios de bajos precios internacionales del petróleo.

El costo de las materias primas se identifica como el componente más significativo de la estructura de costos, lo que hace que la competitividad del biodiésel sea altamente sensible a la disponibilidad local y al precio de los insumos. El documento subraya que el uso de materias primas residuales podría mejorar de manera sustancial la viabilidad económica del biodiésel, al reducir costos y generar beneficios ambientales adicionales. En ese sentido, el costo promedio de producción de biodiésel en 2016, bajo la modalidad de obtención de aceite usado de cocina “puesto en fábrica”, fue de \$13.72 MXN/L, considerando que el rango de precios de compra del aceite usado de cocina oscilaba entre \$7.00 y \$8.00 MXN/L, y que el costo de conversión del aceite en biodiésel es de \$6.22 MXN/L (REMBIO, 2016). Sin embargo, para beneficiarse de ella en gran escala, se necesita contar con marcos regulatorios que fomenten la valorización de residuos y sistemas logísticos efectivos. Es relevante señalar que, si se necesita una evaluación de costos actualizada, es necesario tener en cuenta el índice de inflación para poder ajustar los precios a los precios corrientes.

El estudio económico también tiene en cuenta condiciones geográficas, lo que revela que la competitividad del biodiésel fluctúa de

manera importante entre las distintas zonas del país. Las organizaciones que cuentan con una infraestructura logística superior, condiciones económicas propicias y una mayor disponibilidad de insumos tienen costos potenciales de producción más bajos. Estos descubrimientos subrayan la importancia de establecer políticas diferenciadas que tengan en cuenta las especificidades regionales y fomenten el crecimiento del biodiésel en áreas con un potencial competitivo más alto.

G. Implicaciones ambientales y energéticas

El informe subraya que, desde la perspectiva medioambiental, el biodiésel proporciona beneficios importantes en comparación con el diésel fósil, sobre todo en lo que respecta a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes del aire. No obstante, se destaca que la clase de materia prima empleada y la eficacia de la cadena de suministro son factores determinantes para el aprovechamiento de estos beneficios. El empleo de materias primas residuales, como grasas de animales y aceites de cocina usados, tiene un rendimiento ambiental más alto porque previene las repercusiones relacionadas con la competencia por la producción alimentaria y el cambio en el uso del suelo.

El biodiésel, en cuanto a energía se refiere, supone una posibilidad para disminuir la dependencia de combustibles fósiles importados y ampliar la matriz energética del país. El informe indica que el biodiésel tiene la capacidad de ayudar a robustecer la seguridad energética, sobre todo a escala regional, si se dan las condiciones apropiadas de políticas públicas y un suministro sostenible de insumos. Además, su producción tiene el potencial de generar externalidades positivas, como la creación de puestos de trabajo a nivel local, la valorización de residuos y el fortalecimiento de las economías locales (Torroba, 2020). No obstante, el análisis también señala que para lograr la maximización de estos beneficios es necesario un plan completo que una las metas económicas, energéticas y medioambientales. La falta de coordinación entre estos ámbitos puede reducir el efecto beneficioso del biodiésel y provocar consecuencias no deseadas. Por esta razón, el informe destaca la relevancia de incorporar estándares de sostenibilidad en el diseño de políticas públicas y en la valoración de proyectos relacionados con biodiésel.

H. Análisis territorial por entidades federativas

El análisis territorial de la competitividad del biodiésel en México es una de las contribuciones más importantes del documento, ya que permite distinguir entre entidades federativas diferencias notables en

función de factores logísticos, económicos, ambientales y de disponibilidad de insumos. Esta perspectiva acepta que la viabilidad del biodiésel no es uniforme en todo el país, sino que está sujeta a circunstancias locales concretas que tienen un impacto directo en los costos de producción y en el rendimiento del negocio.

El estudio identifica que las entidades con mayor potencial competitivo son aquellas que presentan una combinación favorable de disponibilidad de materias primas, infraestructura logística, cercanía a centros de consumo y capacidades productivas. En particular, la proximidad a fuentes de aceites vegetales o residuos grasos, así como el acceso a redes de transporte eficientes, reduce significativamente los costos asociados al suministro y la distribución del biodiésel. Por el contrario, las entidades con limitaciones logísticas o con baja disponibilidad de insumos enfrentan mayores barreras para el desarrollo de proyectos viables a escala comercial.

Dentro del análisis territorial, se incorporan indicadores económicos y ambientales que permiten evaluar de manera integral el potencial del biodiésel en cada región. El documento señala que este tipo de evaluación resulta fundamental para orientar la planeación energética y la toma de decisiones de política pública, ya que facilita la identificación de regiones estratégicas donde el biodiésel puede generar mayores beneficios económicos y ambientales. En este sentido, se menciona que las dos entidades más competitivas son el estado de Querétaro y Yucatán.

Discusión crítica de la competitividad del biodiésel en México

El análisis integral desarrollado en el documento permite situar el caso mexicano del biodiésel para el estado de Querétaro, el cual representa un escenario territorial caracterizado por una infraestructura logística e industrial altamente desarrollada y una ubicación estratégica en el centro del país, lo que facilita el acceso a los principales corredores industriales y centros de consumo. Estas condiciones favorecen la instalación y operación de plantas de producción de biodiésel, así como la distribución eficiente del producto final. No obstante, la entidad presenta una limitada disponibilidad local de materias primas, lo que obliga a depender del suministro externo de insumos. Esta dependencia incrementa los costos asociados al transporte y expone la viabilidad económica del biodiésel a la volatilidad de precios de las materias primas. En este contexto, la competitividad del biodiésel en Querétaro está fuertemente condicionada por la eficiencia logística y por la existencia de esquemas de abastecimiento estables y confiables. Mientras que, para el estado de Yucatán, ejemplifica un escenario territorial con alta disponibilidad potencial de materias primas para la

producción de biodiésel, particularmente biomasa y residuos aprovechables, lo que representa una ventaja significativa en términos de abastecimiento local de insumos. Sin embargo, la entidad enfrenta limitaciones importantes en infraestructura logística e industrial, así como una ubicación periférica respecto a los principales mercados de consumo del país. Estas condiciones generan mayores costos de transporte y dificultan la consolidación de proyectos a escala comercial. Aunque el potencial técnico para la producción de biodiésel es elevado, su viabilidad económica depende de inversiones complementarias en infraestructura y del diseño de políticas públicas focalizadas que permitan aprovechar las ventajas territoriales y reducir las barreras estructurales.

Por lo tanto, la competitividad del biodiésel depende de la manera en que se articulan la infraestructura logística y la disponibilidad de insumos. Aunque Querétaro se caracteriza por su acceso a mercados y su capacidad de conectividad, Yucatán sobresale debido a la disponibilidad de materias primas. Según este estudio, sería ineficaz una estrategia nacional uniforme y, por lo tanto, se tendrían que establecer políticas específicas para cada región con el fin de aprovechar al máximo las ventajas locales comparativas.

En este sentido, la ausencia de un mandato federal obligatorio de mezcla emerge como el factor más determinante que explica la baja penetración del biodiésel en el mercado nacional, al inhibir la demanda y desalentar la inversión.

A. Perspectivas futuras y oportunidades

Los costos involucrados en la producción de biodiésel, ya sea, a través de la compra a un proveedor de aceite usado de cocina o a través de la recolección son muy competitivos, una vez identificado un sector de generación potencial. Conviene considerar la recolección del aceite usado de cocina como una opción en mejorar los costos de producción de biodiésel, dado que se pueden observar buenas prácticas de los competidores directos que facilitan el volumen recolectado y les permiten obtener márgenes de utilidades más productivos y aumentar su capacidad de producción. Los sectores de potencial generación de aceite usado de cocina son amplios, y no se encuentran totalmente abarcados por las empresas que actualmente comercializan biodiésel.

Los costos de producción basados en la compra con distribuidores o productores de aceites vegetales siguen siendo factibles, y no deben descartarse, conviene encontrar un proveedor de confianza para llegar a negociaciones que convengan a la empresa de biodiésel.

Asimismo, se debe considerar a Querétaro como la entidad más competitiva para el negocio de biodiésel, dadas sus mayores ventajas

competitivas frente a Yucatán, en relación con el abastecimiento de los insumos primarios para la producción de biodiésel y el volumen esperado de ventas con sus clientes potenciales. Las condiciones para el desarrollo de negocio de biodiésel que presenta Yucatán pueden considerarse moderadamente competitivas, resultando favorecedor tanto en la disponibilidad de recursos como en los clientes potenciales, sin embargo, Querétaro tiene condiciones de crecimiento y estabilidad económicas de mayor peso que las de Yucatán, así como el desarrollo de la industria, que facilitan en mayor medida el desarrollo de diferentes tipos de negocio.

Los resultados indican, desde un punto de vista técnico y económico, que la competitividad del biodiésel podría optimizarse al poner en práctica una serie de estrategias integradas. Para comenzar, si se establecieran mandatos obligatorios de mezcla progresiva (como por ejemplo B5-B20), habría una demanda mínima garantizada, lo cual simplificaría el desarrollo de la infraestructura productiva y la planificación de las inversiones. En segundo lugar, el establecimiento de mecanismos fiscales distintos, tales como subsidios centrados en el biodiésel que se produce a partir de residuos orgánicos, ayudarían a disminuir la diferencia de precios con respecto al diésel fósil.

Conclusiones

Los resultados del análisis confirman que la competitividad del biodiésel en México está fuertemente condicionada por el costo y la disponibilidad de las materias primas, que pueden representar entre el 60 y el 80 % del costo total de producción. En este sentido, el aprovechamiento de materias primas residuales, como aceites de cocina usados, se posiciona como una alternativa técnica viable para reducir costos y mejorar el desempeño ambiental del proceso.

No obstante, el principal obstáculo para la consolidación del biodiésel en el mercado nacional no es exclusivamente productivo, sino estructural, asociado a la ausencia de instrumentos regulatorios que permitan cerrar la brecha de precios frente al diésel fósil. En concreto, la ausencia de un mandato obligatorio de mezcla y de estímulos económicos específicos crea un ambiente de incertidumbre elevada que restringe la inversión y el progreso de proyectos a nivel comercial. Se sugieren tres líneas de acción prioritarias: (1) la implementación de mandatos obligatorios de mezcla progresiva, para garantizar una demanda continua; (2) la creación de mecanismos financieros y fiscales, como subsidios focalizados o créditos verdes, con el objetivo de disminuir los costos de producción de biodiésel; y (3) el desarrollo de cadenas logísticas para la recolección y valorización de residuos, que permitan aprovechar materias primas de bajo costo.

Referencias

- [1] Agencia Internacional de Energía (IEA). (2020). Renewables 2020: Analysis and forecast to 2025. International Energy Agency.
- [2] FAO. (2020). Bioenergy and food security: Analytical issues. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [3] IEA Bioenergy. (2021). Biofuels for transport: An overview. International Energy Agency Bioenergy.
- [4] OECD-FAO. (2021). Agricultural outlook 2021–2030. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- [5] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); “OECD-FAO Agricultural Outlook 2021-2030”; Capítulo 9: Biocombustibles; 05 de julio de 2021; fuente de consulta: https://www.oecdilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2021-2030_19428846-en
- [6] Secretaría de Energía (SENER). (2018). Prospectiva de energías renovables 2018–2032. Gobierno de México.
- [7] “Atlas de los Biocombustibles líquidos 2020-2021” del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura de la Organización de Estados Americanos (IICA); 2021.
- [8] U.S. Department of Energy; “Clean Cities Alternative Fuel Price Report”; Octubre 2021; consultado en febrero 2022; Fuente de consulta: <https://www.eia.gov/outlooks/steo/data/browser/#?v=21>
- [9] Agencia Internacional de Energía (IEA, Por sus siglas en inglés); Databrowser; enero 2022; Fuente de consulta: <https://www.iea.org/data-andstatistics/data-product/world-energy-statistics-and-balances>.
- [10] Cámara de Diputados LXIV Legislatura y del Centro de Estudios para el Desarrollo Rural y Sustentable y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA); “Reporte: La producción y el comercio de los Biocombustibles en México y el mundo”; abril 2020; Palacio Legislativo de San Lázaro, Ciudad de México; consultado a enero de 2022.
- [11] ECOFYS (por orden del BID y SENER) y la Red Mexicana de Bioenergía (REMBIO); “Diagnóstico de la situación actual del biodiésel en México y escenarios para su aprovechamiento”; 12 de agosto de 2016; consultado a febrero de 2022; fuente de consulta: <https://www.gob.mx/sener/documentos/diagnostico-de-la-situacionactual-del-biodiesel-en-mexico-y-escenarios-para-su-aprovechamiento>
- [11] Torroba, A. (2020), “Atlas de los biocombustibles líquidos 2019-2020”, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), pp. 1-42
- [12] Enguilo Gonzaga, V., Romero, R., Gómez-Espinosa, R.M., Romero, A., Martínez, S.L. y Natividad, R. (2021), “Biodiesel Production from Waste Cooking Oil Catalyzed by a Biofunctional Catalyst”, ACS Omega, fuente de consulta: <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c03586>



Geovani Flores Sanchez, Ingeniero en Sistemas Ambientales. Realizó su maestría en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN.



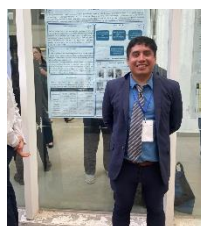
Jorge Alberto Mendoza Pérez, es profesional en ciencias biológicas y químicas. Obtuvo la licenciatura en Biología Experimental en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa en 1991 y completó el total de créditos de la Licenciatura en Química en 1992. Posteriormente cursó la maestría en Química Bioorgánica en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional en 1998. Realizó estudios de doctorado en la Universidad de La Coruña, España, y un posdoctorado en la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.



Ignacio García Sánchez, Maestro en Ingeniería Ambiental



Frida Concepción López López, Ingeniera Ambiental



Ángel Eduardo Lugo Dorantes, Científico

Semblanza Autores



José Fernando Carmona Neri, profesional en el área de energías renovables, con énfasis en sistemas fotovoltaicos y análisis del desempeño de tecnologías de silicio. Realizó su maestría en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN.



Saraí Reyes Carballo, Maestra en Administración de Negocios Internacionales