



Glicerol renovable: retos y oportunidades para su valorización en México

Renewable glycerol: challenges and opportunities for its valorization in Mexico

Jahaziel Alberto Sánchez Gómez, Fernando Israel Gómez Castro* , Salvador Hernández

Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas, Departamento de Ingeniería Química, Noria Alta S/N Col. Noria Alta, Guanajuato, Guanajuato, México 36050.

Historial

Manuscrito recibido: 15 de noviembre de 2024

Manuscrito aceptado: 29 de marzo de 2025

Manuscrito publicado: abril 2025

*Autor para correspondencia

Fernando Israel Gómez Castro

fgomez@ugto.mx

ORCID: 0000-0003-4906-063X

Resumen

El glicerol se puede obtener a partir en los procesos de producción de biodiésel, en constante aumento. Como ejemplo, la producción mundial de biodiésel en 2021 generó más de 4.5 billones de litros de glicerol. Debido al exceso en el volumen de glicerol producido, se le ha llegado a considerar como un inconveniente financiero y medioambiental para la industria del biodiésel, surgiendo la necesidad de buscar alternativas para aprovechar el glicerol como una fuente renovable para la obtención de productos químicos que representen un considerable beneficio económico. Por otra parte, México cuenta con un gran potencial para producir biodiésel a partir de aceites de palma africana, higuierilla y *Jatropha*, estimándose un potencial de producción de hasta 368 millones de litros de biodiésel para el año 2030. Por ello, en este artículo se presentan algunos de los retos y oportunidades que ofrece la valorización del glicerol en México, un país que busca impulsar el uso de biocombustibles y desarrollar una industria química verde y sustentable.

Palabras clave: Glicerol, biodiésel, biocombustibles, industria química, sustentabilidad

Producción de biodiésel

El agotamiento de las reservas de petróleo y la contribución al calentamiento global asociada a la constante emisión de gases de efecto invernadero han orientado a los países a realizar ajustes en sus políticas energéticas (Nordin *et al.*, 2024). Los biocombustibles representan una alternativa al uso de combustibles fósiles, con la finalidad de reducir el impacto ambiental asociado a la satisfacción de la demanda de energía en los sectores de transporte e industrial. Debido a estas nuevas políticas, la producción de bioetanol y biodiésel ha incrementado

Abstract

Glycerol can be obtained from biodiesel production processes, which are constantly increasing. To exemplify it, global biodiesel production generated more than 4.5 billion liters of glycerol in 2021. Due to the excessive volume of produced glycerol, it has come to be considered a financial and environmental challenge for the biodiesel industry. Therefore, it has become necessary to look for alternatives to use glycerol as a renewable source for obtaining chemical products that represent a considerable economic profit. On the other hand, Mexico has great potential to produce biodiesel from African palm, castor and *Jatropha* oils, with estimations of a production potential of up to 368 million litres of biodiesel by 2030. This article therefore presents some of the challenges and opportunities offered by the valorization of glycerol in Mexico, a country that seeks to promote the use of biofuels and develop a green and sustainable chemical industry.

Keywords: Glycerol, biodiesel, biofuels, chemical industry, sustainability.

drásticamente (Osman *et al.*, 2024, Sandid *et al.*, 2024). Sin embargo, uno de los principales problemas asociados con la generación de biocombustibles es su alto costo de producción, lo cual se refleja en el precio final al usuario (Karimi *et al.*, 2024). Estos costos pueden reducirse si los residuos de los procesos de producción se aprovechan para la obtención de productos adicionales, los cuales tengan un alto valor en el mercado.

Uno de los biocombustibles más conocidos es el biodiésel, el cual se obtiene a partir de aceites vegetales o grasas animales mediante una reacción química llamada

transesterificación (Asfaw *et al.*, 2025; Kosuru *et al.*, 2024). El biodiésel suele ser utilizado como sustituto o aditivo del diésel convencional con beneficios medioambientales, ya que se obtiene a partir de fuentes renovables y, por otra parte, al emplearse en motores diésel se libera una menor cantidad de gases de efecto invernadero (Naseef y Tulaimat, 2025).

Los recursos renovables que son utilizados para la producción de biodiésel se clasifican en aceites vegetales comestibles (de soya, canola, palma y girasol), aceites vegetales no comestibles (de *Jatropha*, higuierilla, piñón mexicano, entre otros), grasas animales (sebo bovino, manteca porcina, etcétera) y aceites de microalgas (Asfaw *et al.*, 2025; Moreno-Cruz *et al.*, 2025; Anil *et al.*, 2024). En la **Figura 1** se ilustran algunas de las fuentes de materia prima para la generación de biodiésel. Entre estas fuentes renovables, los cultivos con mayor potencial para la producción de biodiésel en México son la *Jatropha*, higuierilla, sorgo dulce y palma africana (Sosa-Rodríguez, 2021). Estos cultivos cuentan con la ventaja de poder crecer en zonas áridas o marginales, sin afectar la producción de cultivos alimenticios (Vega *et al.*, 2024). Asimismo, tienen un alto contenido de aceite. Por ejemplo, se ha reportado que por cada kilogramo de *Jatropha* cultivada es posible obtener hasta 2.6 litros de aceite, los cuales podrían ser aprovechados para la obtención de biodiésel (Sosa-Rodríguez, 2021).

De acuerdo con información reportada por SAGARPA, se estima que México cuenta con un gran potencial para producir biodiésel a partir de aceite de palma africana, higuierilla y *Jatropha*. Se estima, que para el 2030, México podría contar con un potencial de producción de

más de 368 millones de litros de biodiésel (SAGARPA, 2017). Sin embargo, en la actualidad la producción de biocombustibles en México afronta varios impedimentos ocasionados principalmente con la falta de políticas que establezcan marcos regulatorios y normativos que incentiven la inversión y comercialización (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2025). Asimismo, es necesario el desarrollo de tecnologías e infraestructura adecuadas para su producción a gran escala (Sosa-Rodríguez *et al.*, 2021). Por ello, en México la producción de biodiésel es aún incipiente y existen muy pocos proyectos y plantas que busquen aprovechar el potencial de producción de este combustible renovable.

Glicerol: un sub-producto de la producción de biodiésel

El glicerol, también conocido como glicerina, es un importante co-producto en la industria de biodiesel (Lai *et al.*, 2025; Kaur *et al.*, 2020). Se estima que, por cada 10 litros de biodiésel generado, se obtiene 1 litro de glicerol. Con base en la producción mundial de biodiésel en el 2021, se estima que solo en ese año, se generaron más de 4.5 billones de litros de glicerol crudo. El glicerol es un compuesto valioso que se utiliza en una variedad de áreas como alimentos, bebidas, productos farmacéuticos y cosméticos (REN21, 2022), y posee una excelente capacidad humectante, la cual se ha aprovechado para la producción de jabones y cremas para el cuidado de la piel.

El rápido desarrollo de la industria del biodiésel en el mundo ha generado una gran cantidad de glicerol crudo como co-producto, ocasionando una sobreoferta y la

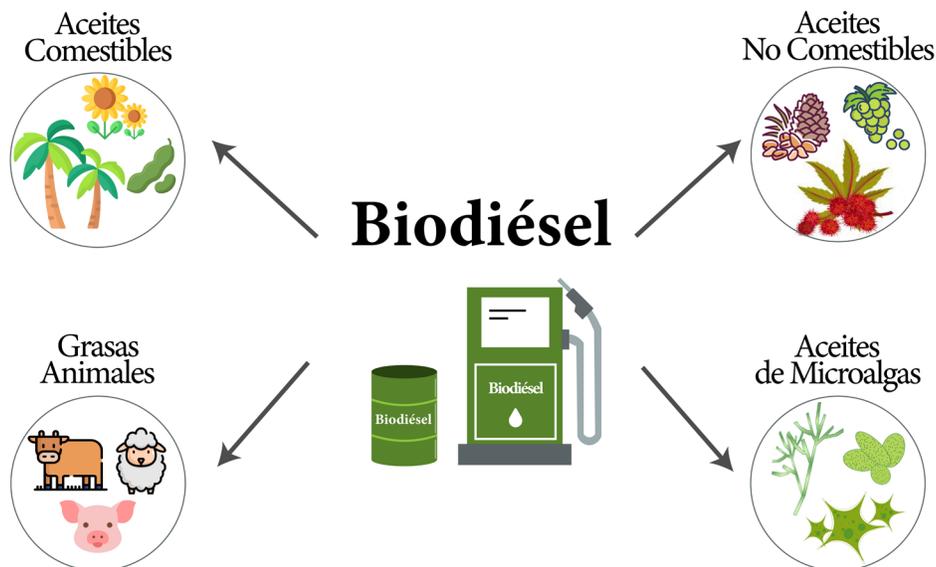


Figura 1. Fuentes de materia prima para la producción de biodiésel.

consecuente reducción en los precios de venta, lo cual a su vez afecta la economía del proceso de producción de biodiésel (Kumawat *et al.*, 2024; Sandid *et al.*, 2024). Con la finalidad de reducir las grandes cantidades de glicerol producidas, se han buscado alternativas para el uso de este subproducto (Tomatis *et al.*, 2024). Entre los usos directos del glicerol crudo (de baja pureza) se incluyen su combustión directa para la generación de calor y energía; y su utilización como alimento de rumiantes debido a su aporte energético (Zacaroni *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2022). Sin embargo, dichos usos no representan un beneficio económico.

Por otra parte, el glicerol crudo contiene principalmente glicerol y agua, junto con pequeñas cantidades de catalizador, metanol y ésteres metílicos de ácidos grasos en diferentes proporciones (Bansod *et al.*, 2024; Tomatis *et al.*, 2024). Por ello, es necesario remover las impurezas presentes en el glicerol crudo con la finalidad de utilizarse en las industrias de alimentos, farmacéutica, cosméticos y tabaco. Sin embargo, dicha purificación implica complicados procesos de filtración y destilación que consumen grandes cantidades de energía, aumentando así los costos de producción (Jayabal, 2024). Por otra parte, las grandes cantidades de glicerol crudo producidas cada año han impactado en el mercado del glicerol, dando como resultado una disminución significativa en los precios de venta (Elsayed *et al.*, 2024). Ante estos

escenarios, se ha llegado a considerar al glicerol como un inconveniente financiero y medioambiental para la industria del biodiésel y, surge la necesidad de buscar alternativas para el aprovechamiento y utilización del glicerol como una fuente renovable para la obtención de productos químicos que representen un considerable beneficio económico. Algunos derivados del glicerol con potencial económico se describen en la siguiente sección.

Productos de alto valor agregado

Entre los productos químicos que pueden obtenerse del glicerol, se encuentran combustibles como hidrógeno, etanol o metano; solventes como el ácido láctico, la acetona o el propilenglicol; o precursores para la síntesis de polímeros como la epiclorhidrina (Sandid *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2024a; Muraza, 2019). En la **Figura 2** se resumen algunos de los derivados químicos más interesantes de glicerol. El carbonato de glicerol es un compuesto químico ecológico, biodegradable, de baja toxicidad y alta versatilidad, con aplicaciones industriales como solvente para detergentes, cosméticos y en baterías de iones de litio (Pattanaik *et al.*, 2025). Alternativamente, el carbonato de glicerol es también utilizado como materia prima en la producción de glicidol, el cual es un compuesto de gran importancia en la industria farmacéutica, cosmética y de plásticos (Lai

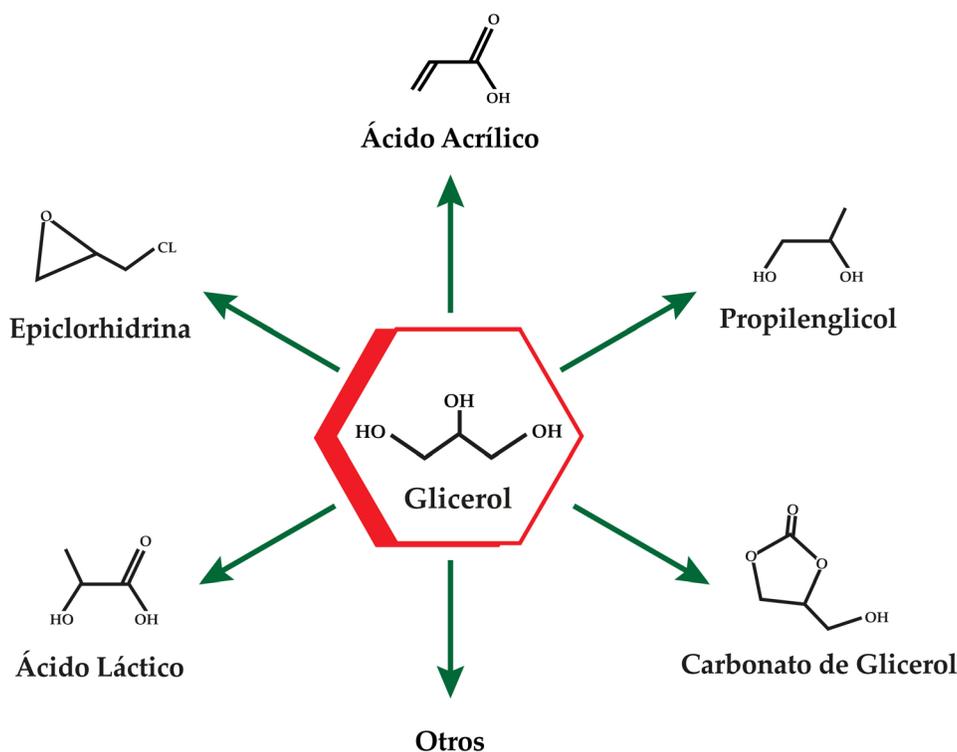


Figura 2. Derivados químicos del glicerol.

et al., 2025).

Por otra parte, el ácido acrílico es utilizado para la síntesis de adhesivos, pinturas, plásticos y polímeros superabsorbentes (Rasrendra *et al.*, 2024; Sandid *et al.*, 2023). En 2020, se estima que la producción mundial de ácido acrílico ascendió a más 7.2 millones de toneladas, de los cuales la mayor parte fue producida mediante la oxidación parcial de propileno (Rasrendra *et al.*, 2024). Teniendo en cuenta que el propileno es producido a partir de fuentes fósiles, la producción selectiva de ácido acrílico a partir de glicerol aparece como una alternativa sostenible y más económica que la producción convencional.

El ácido láctico es un importante producto químico utilizado como disolvente ecológico, neutralizante y agente de limpieza (Song *et al.*, 2024; Akbulut *et al.*, 2022). Además, el ácido láctico es utilizado como materia prima para la producción de polímeros biodegradables como el poli (ácido láctico). En la actualidad, el ácido láctico se produce mediante procesos de fermentación, los cuales han demostrado tener bajos rendimientos y elevados costos de purificación (Li *et al.*, 2021). Otro producto químico de interés es el propilenglicol, un líquido con baja toxicidad utilizado como anticongelante automotriz y solvente industrial, y también como solvente farmacéutico, ingrediente en cosméticos y aditivo en alimentos procesados para consumo humano y animal (Brobbeey *et al.*, 2024).

La epíclorhidrina es un precursor en la síntesis de muchos compuestos orgánicos, utilizada principalmente en la fabricación de glicerol sintético y resinas epoxi (Lari *et al.*, 2018). Tradicionalmente, la epíclorhidrina se produce por la epoxidación del propileno. Sin embargo, su síntesis de dos pasos a partir de glicerol está siendo cada vez más utilizada debido a la utilización de glicerol renovable y el bajo costo de este (Almena y Martín, 2016).

Según información de Data México, en el 2022, las compras internacionales de ácido acrílico, propilenglicol, ácido láctico y epíclorhidrina fueron de más de 151 millones de dólares, siendo las compras internacionales mucho mayores que las ventas (151.7 millones de dólares frente a 10.6 millones de dólares) (Gobierno de México, 2024). Esto es un indicador de la necesidad y oportunidad para la producción y venta de estos productos a nivel nacional. La **Tabla 1** resume las compras y ventas internacionales de dichos productos químicos en México. Si consideramos las estimaciones dadas por SAGARPA, en el 2030 se podrían obtener más de 36 millones de litros de glicerol crudo, los cuales pueden ser aprovechados para la generación de

Tabla 1. Compras y ventas internacionales de productos químicos en México en el 2022.

Producto químico	Compras, millones de dólares	Ventas, millones de dólares
Ácido acrílico	44.7	2.51
Propilenglicol	69.7	7.54
Ácido láctico	32.7	0.554
Epíclorhidrina	4.59	0.003

productos químicos de alto valor agregado, abriendo la oportunidad para cubrir la demanda nacional de algunos productos químicos como el propilenglicol y ácido acrílico.

Como se observa, la alta abundancia y bajo precio hacen del glicerol una materia prima atractiva para el desarrollo de una biorrefinería, es decir, un conjunto de procesos de producción de una diversidad de derivados de materias primas renovables. Además, existe una gran variedad de productos químicos para la valorización del glicerol, así como una buena oportunidad económica en su generación y venta. Sin embargo, es necesario determinar qué productos y rutas de procesamiento son los más adecuados no solo desde un punto de vista económico, sino también considerando el aspecto ambiental.

Rutas de valorización de glicerol

La transformación de glicerol en productos de alto valor agregado es posible de realizar mediante rutas de conversión biológicas, termoquímicas y químicas (Asopa *et al.*, 2022; Alashek *et al.*, 2022; Raza *et al.*, 2021). Los métodos de transformación biológica se centran en la utilización de microorganismos y enzimas para la conversión de glicerol en productos útiles como etanol, ácido cítrico, ácido láctico, entre otros compuestos (Asopa *et al.*, 2022). En comparación con las rutas químicas y termoquímicas, las rutas biológicas tienen varias ventajas como una mayor tolerancia a las impurezas, ser más amigables al ambiente y su operación a condiciones ambientales de temperatura y presión (Zhu *et al.*, 2024). Sin embargo, si bien la ruta bioquímica es una ruta prometedora, existen algunos desafíos asociados al bajo rendimiento a los productos de interés, los tiempos de reacción considerablemente largos y la dificultad de utilizar microorganismos a una escala industrial.

Por otro lado, la ruta termoquímica consiste en la transformación del glicerol mediante la integración de energía en forma de calor (Raza *et al.*, 2021). Un buen ejemplo de un proceso termoquímico es la combustión. Si

bien esta ruta de conversión permite transformar grandes cantidades de glicerol, dicha degradación térmica conduce a la emisión de gases tóxicos a la atmósfera. Es por ello por lo que los métodos termoquímicos de pirólisis, gasificación o reformado de vapor son más apropiados para la transformación de glicerol en hidrogeno y metano, los cuales a su vez se emplean en la generación de energía (Mourão *et al.*, 2023).

Entre los diferentes procesos químicos para la valorización de glicerol se encuentran las reacciones de oxidación, hidrogenólisis, deshidratación, esterificación, polimerización y carboxilación (Alashek *et al.*, 2022, Akbulut *et al.*, 2022). Por ejemplo, en la reacción de oxidación, los principales derivados químicos a obtener del glicerol son el ácido glicérico, la dihidroxiacetona, el ácido láctico, el ácido mesoxálico y el ácido oxálico, además de algunos productos intermedios como gliceraldehído y ácido glicólico (Wang *et al.*, 2024b).

Como se comentó anteriormente, las grandes cantidades de glicerol crudo producidos cada año han generado la disminución del precio de venta del glicerol. Sin embargo, la valorización del glicerol generado por la industria del biodiésel podría compensar el costo de producción del biocombustible y fomentar un crecimiento del mercado. Además, aunque se ha estudiado ampliamente la utilización de glicerol crudo para la generación de productos de alto valor, las rutas de procesamiento aún requieren de mayor investigación y desarrollo para su implementación a escala industrial. Asimismo, en pro de mejorar la sostenibilidad económica de una biorrefinería de glicerol, se deben desarrollar rutas químicas selectivas, con bajos requerimientos de energía, poca producción de residuos, y que proporcionen un considerable aporte económico y cuenten con un mercado potencial.

Ventajas y retos en la valorización de glicerol

La valorización del glicerol se presenta como una estrategia prometedora para aprovechar el excedente de este subproducto del biodiésel y convertirlo en productos químicos útiles para diversas industrias. Entre las ventajas de la valorización del glicerol renovable se encuentran:

- Impulsa la sostenibilidad económica de la industria del biodiésel. La valorización del glicerol como subproducto del biodiésel permite mejorar la rentabilidad de la industria del biodiésel. Al transformar el glicerol en productos de alto valor agregado como ácido acrílico o propilenglicol, por mencionar alguno, se genera

una nueva fuente de ingreso e incrementa la eficiencia de los procesos.

- El desarrollo de una industria química verde y sostenible en México. El aprovechar el glicerol como materia prima no solo mejora la rentabilidad de la industria del biodiésel, también contribuye a la reducción de residuos y permite que otras empresas adopten procesos productivos más sustentables.
- Fortalece la competitividad del sector químico en México. La integración del glicerol en la economía circular adopta practicas responsables que cumplen con los estándares internacionales y promueven el uso de materias primas amigables al ambiente. Por otra parte, la colaboración entre el gobierno, el sector privado y el ámbito académico es esencial para el desarrollo de nuevas tecnologías y avanzar hacia una industria químicas más innovadora, rentable y responsable con el medio ambiente.

Sin embargo, la valorización del subproducto del biodiésel también implica varios retos económicos, ambientales y tecnológicos que deben ser abordados para lograr una implementación exitosa. Algunos de estos retos son:

- Diseñar procesos de transformación eficientes, selectivos y estables que permitan obtener los productos deseados con altos rendimientos y bajos costos. Como se mencionó en el documento, existen diversas rutas químicas, biológicas y hasta termoquímicas para la valorización del glicerol. En muchas de ellas se obtiene el producto deseado junto con algunos coproductos, impactando directamente en la cantidad del producto final.
- Desarrollar procesos integrados que optimicen el uso de energía, agua y materias primas, así como la separación y recuperación de los productos. Debido a la presencia de impurezas en el glicerol crudo y la generación de productos no deseados en las rutas químicas de valorización, es necesario el desarrollo de procesos tecnológicos que permitan una reducción significativa de los costos de producción, generen una menor cantidad de residuos y sean energéticamente más eficientes que los procesos convencionales.
- Evaluar el impacto económico y ambiental de los diferentes productos y procesos mediante análisis de ciclo de vida y análisis multicriterio. Ya que el glicerol

es un coproducto generado en la producción de biodiésel, el aspecto ambiental no debe dejarse de lado. En este sentido, es necesario determinar qué productos de alto valor agregado son más favorables y no solo desde un punto de vista económico sino también considerar el impacto ambiental de este. Además, este tipo de análisis multicriterio permite contar con una perspectiva más amplia de las ventajas y desventajas entre los múltiples productos de alto valor agregado.

Conclusiones

En este trabajo se ha analizado el potencial de valorización del glicerol obtenido como co-producto en la producción de biodiésel, a través de su conversión en productos de valor agregado, tales como el ácido láctico, el ácido acrílico, y el propilenglicol. Estos derivados presentan diversas aplicaciones en industrias como la cosmética, farmacéutica, alimenticia, entre otras. El uso del glicerol como materia prima para la generación de dichos productos se percibe como una estrategia para incrementar el potencial económico de la industria de biodiésel en México, aumentando así el interés por fomentar su crecimiento. Es necesario continuar con la innovación tecnológica con el fin de mejorar la eficiencia de los procesos de conversión del glicerol, así como reducir sus costos, también es de gran importancia asegurar que dichas rutas de conversión no representan un impacto ambiental significativo.

Referencias

Aguilar-Aguilar FA, Mena-Cervantes VY, Hernández-Altamirano R (2025). Analysis of public policies and resources for biodiesel production in México. *Biomass and Bioenergy* 196:107762.

Akbulut D, Özkar S (2022). A review of the catalytic conversion of glycerol to lactic acid in the presence of aqueous base. *RSC advances* 12(29):18864-18883.

Alashek F, Keshe M, Alhassan G (2022). Preparation of glycerol derivatives by entered of glycerol in different chemical organic reactions: a review. *Results in Chemistry* 4:100359.

Almena A, Martín M (2016). Technoeconomic analysis of the production of epichlorohydrin from glycerol. *Industrial Engineering Chemistry Research* 55(12):3226-3238.

Anil N, Rao PK, Sarkar A, Kubavat J, Vadivel S, Manwar NR, Paul B (2024). Advancements in sustainable biodiesel production: A comprehensive review of bio-waste derived catalysts. *Energy Conversion and Management* 318:118884.

Asfaw MD, Yadeta AT, Yewalie BG, Negash YW (2025). Production

and characterization of biodiesel from *Argemone mexicana* seed oil. *Results in Chemistry* 102055.

Asopa RP, Bhoi R, Saharan VK (2022). Valorization of glycerol into value-added products: a comprehensive review on biochemical route. *Bioresource Technology Reports* 20:101290.

Bansod Y, Crabbe B, Forster L, Ghasemzadeh K, D'Agostino C (2024). Evaluating the environmental impact of crude glycerol purification derived from biodiesel production: A comparative life cycle assessment study. *Journal of Cleaner Production* 437:140485.

Brobbey MS, Louw J, Görgens, JF (2024). Biobased propylene glycol production in a sugarcane biorefinery through lactic acid, glycerol, or sorbitol: a techno-economic and environmental evaluation of intermediates and downstream processing methods. *Biochemical Engineering Journal* 205:109292.

Elsayed M, Eraky M, Osman AI, Wang J, Farghali M, Rashwan A, Yacoub IH, Hanelt D, Abomohra A (2024). Sustainable valorization of waste glycerol into bioethanol and biodiesel through biocircular approaches: a review. *Environ Chem Lett.* 22:609-634.

Gobierno de México. (2024). "Data México", <https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/explore?profile=product>, [consultado el 14 de agosto de 2024].

Jayabal R (2024). Advancements in catalysts, process intensification, and feedstock utilization for sustainable biodiesel production. *Results in Engineering* 103668.

Karimi M, Simsek H, Kheiralipour K (2024). Advanced biofuel production: A comprehensive techno-economic review of pathways and costs. *Energy Conversion and Management: X* 100863.

Kaur J, Sarma AK, Jha MK, Gera P (2020). Valorisation of crude glycerol to value-added products: Perspectives of process technology, economics and environmental issues. *Biotechnology Reports* 27:e00487.

Kosuru SMY, Delhiwala Y, Koorla PB, Mekala M (2024). A review on the biodiesel production: Selection of catalyst, pre-treatment, post treatment methods. *Green Technologies and Sustainability* 2(1):100061.

Kumawat S, Singh S, Bhatt T, Maurya A, Vaidyanathan S, Natte K, Jagadeesh RV (2024). Valorization of bio-renewable glycerol by catalytic amination reactions. *Green Chemistry* 26(6):3021-3038.

Lai LY, Lau PC, Kwong TL, Yung KF (2025). Transesterification of glycerol with dimethyl carbonate for the synthesis of glycerol carbonate and glycidol by Iron (III) salen complex. *Journal of Organometallic Chemistry* 1025:123467.

Lari GM, Pastore G, Mondelli C, Pérez-Ramírez J (2018). Towards sustainable manufacture of epichlorohydrin from glycerol using hydrothermal-derived basic oxides. *Green Chemistry* 20(1):148-159.

Li C, Gao M, Zhu W, Wang N, Ma X, Wu C, Wang Q (2021). Recent advances in the separation and purification of lactic acid from fermentation broth. *Process Biochemistry* 104:142-151.

- Pattanaik PP, Pradhan S, Bej A, Pradhan G (2025). Solid waste derived heterogeneous catalysts for synthesis of sustainable glycerol carbonate from glycerol. *Biomass and Bioenergy* 193:107598.
- Rasrendra CB, Culsum NT, Rafiani A, Kadja GT (2023). Glycerol valorization for the generation of acrylic acid via oxidehydration over nanoporous catalyst: Current status and the way forward. *Bioresource Technology Reports* 23:101533.
- REN21 (2022). Renewables 2022 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2022_Full_Report.pdf
- Mourão LC, de Souza GBM, Dias IM, Oliveira SB, de Souza TL, Alonso CG (2023). Hydrogen production via supercritical water gasification of glycerol enhanced by simple structured catalysts. *International Journal of Hydrogen Energy* 48(72):27929-27943.
- Muraza O (2019). Peculiarities of glycerol conversion to chemicals over zeolite-based catalysts. *Frontiers in Chemistry* 7:233.
- NaseefHH, Tulaimat RH (2025). Transesterification and esterification for biodiesel production: A comprehensive review of catalysts and palm oil feedstocks. *Energy Conversion and Management: X* 100931.
- Nordin I, Elofsson K, Jansson T (2024). Cost-effective reductions in greenhouse gas emissions: Reducing fuel consumption or replacing fossil fuels with biofuels. *Energy Policy* 190:114138.
- Osman WNAW, Rosli MH, Mazli WNA, Samsuri S (2024). Comparative review of biodiesel production and purification. *Carbon Capture Science Technology* 13:100264.
- Raza M, Inayat A, Abu-Jdayil B (2021). Crude glycerol as a potential feedstock for future energy via thermochemical conversion processes: a review. *Sustainability* 13(22):12813.
- Sandid A, Esteban J, D'Agostino C, Spallina V (2023). Process assessment of renewable-based acrylic acid production from glycerol valorisation. *Journal of Cleaner Production* 418:138127.
- Sandid A, Spallina V, Esteban J (2024). Glycerol to value-added chemicals: State of the art and advances in reaction engineering and kinetic modelling. *Fuel Processing Technology* 253:108008.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030: Bioenergéticos Higuierilla, Jatropha Curcas, Sorgo Dulce Mexicanos. Ciudad de México, SAGARPA.
- Song L, Cai C, Chen Z, Lin C, Lv Y, Ye X, ... Liu M (2024). Lactic acid production from food waste: Advances in microbial fermentation and separation technologies. *Bioresource Technology* 131635.
- Sosa-Rodríguez FS, Vazquez-Arenas J (2021). The biodiesel market in Mexico: Challenges and perspectives to overcome in Latin-American countries. *Energy Conversion and Management: X* 12:100149.
- Tomatis M, Jeswani HK, Azapagic A (2024). Environmental impacts of valorisation of crude glycerol from biodiesel production—A life cycle perspective. *Waste Management* 179:55-65.
- Vega LP, Bautista KT, Campos H, Daza S, Vargas G (2024). Biofuel production in Latin America: A review for Argentina, Brazil, Mexico, Chile, Costa Rica and Colombia. *Energy Reports* 11:28-38.
- Wang H, Li H, Lee CK, Nanyan NSM, Tay GS (2024a). A systematic review on utilization of biodiesel-derived crude glycerol in sustainable polymers preparation. *International Journal of Biological Macromolecules* 261:129536.
- Wang Z, Zhang Y, Wang Y, Li J, Jia X, Wu Z (2024b). Recent progress in glycerol oxidation to lactic acid and pyruvic acid with heterogeneous metal catalysts. *Carbon Resources Conversion* 100250.
- Zacaroni OF, Lopes NM, Júnior GSD, DeVries TJ, Pereira RA, Donkin SS, Pereira MN (2022). Complete replacement of corn grain with crude glycerin for dairy cows. *Livestock Science* 258:104893.
- Zhang J, Wang Y, Muldoon VL, Deng S (2022). Crude glycerol and glycerol as fuels and fuel additives in combustion applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 159:112206.
- Zhu S, Li S, Rene ER, Cheng X, Ma W (2024). Green directional conversion of food waste into glycerol in a two-step differentiation enzymolysis and facultative fermentation using *Saccharomyces cerevisiae*: Performance assessment and mechanism. *Biomass and Bioenergy* 189:107360.