

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2025,
Volumen 9, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

PURIFICACIÓN DE GLICEROL OBTENIDO POR TRANSESTERIFICACIÓN

**PURIFICATION OF GLYCEROL OBTAINED BY
TRANSESTERIFICATION**

Raquel Nieves Ríos

Tecnológico Nacional de México Campus Cancún - México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17333

Purificación de glicerol obtenido por transesterificación

Raquel Nieves Ríos¹M22530009@cancun.tecnm.mx<https://orcid.org/0009-0001-4439-9784>Tecnológico Nacional de México Campus Cancún
México

RESUMEN

La generación de biodiésel en México constituye una alternativa estratégica para ampliar la diversidad de la matriz energética nacional, disminuir la dependencia de los hidrocarburos y contribuir a la reducción de los efectos del cambio climático. El uso de materias primas como el aceite de cocina usado no solo promueve una fuente de energía renovable, sino que también ayuda a mitigar un problema ambiental significativo relacionado con la inadecuada disposición de estos residuos, los cuales pueden afectar negativamente los suelos y cuerpos de agua. El glicerol es un subproducto fundamental en la producción de biodiésel, generado durante el proceso de transesterificación de aceites vegetales o grasas animales con metanol. Por cada 100 kg de biodiésel producido, se obtienen entre 4 y 10 kg de glicerol crudo, compuesto por un 80-88% de glicerina más impurezas como metanol, catalizadores, jabones y sales. Su purificación y aprovechamiento es clave por varias razones: Si no se reutiliza puede convertirse en un residuo problemático, su aprovechamiento contribuye a la economía circular, reduce el impacto ambiental del proceso de producción de biodiésel, genera valor agregado que permite diversificar los ingresos a una planta de producción, reduce los costos de producción, lo que no solo mejora la viabilidad económica del biocombustible, sino que también fomenta prácticas más ecológicas.

Palabras clave: biodiésel, glicerol, purificación

¹ Autor Principal

Correspondencia: M22530009@cancun.tecnm.mx

Purification of glycerol obtained by transesterification

ABSTRACT

The production of biodiesel in Mexico represents a strategic opportunity to diversify the national energy matrix, reduce dependence on fossil fuels, and contribute to climate change mitigation. Utilizing feedstocks such as used cooking oil not only promotes a renewable energy source but also addresses a significant environmental issue related to the improper disposal of these wastes, which can negatively impact soils and water bodies. Glycerol is a fundamental by-product in the production of biodiesel, generated during the process of transesterification of vegetable oils or animal fats with methanol. For every 100 kg of biodiesel produced, between 4 and 10 kg of crude glycerol is obtained, composed of 80-88% glycerin plus impurities such as methanol, catalysts, soaps and salts. Its purification and use is key for several reasons: If it is not reused, it can become a problematic waste, its use contributes to the circular economy, reduces the environmental impact of the biodiesel production process, generates added value that allows diversifying the income of a producción plant, reduces production costs, which not only improves the economic viability of the biofuel, but also encourages greener practices.

Keywords: biodiesel, glycerol, purification

Artículo recibido 13 marzo 2025

Aceptado para publicación: 19 abril 2025



INTRODUCCIÓN

En un contexto donde la sostenibilidad y la gestión de residuos son prioritarios, la producción de biodiesel a partir de aceite residual de cocina se presenta como una solución innovadora y eficiente. Este proceso no solo contribuye a reducir la dependencia de combustibles fósiles, sino que también aborda un problema ambiental significativo: la disposición inadecuada de aceites usados, que contamina suelos y fuentes hídricas (Antonio Alfonso Alvarez, n.d.)

El aceite residual de cocina, tras un pretratamiento que incluye filtrado y secado, puede convertirse en biodiesel mediante reacciones de transesterificación, utilizando catalizadores como hidróxido de sodio o potasio y alcoholes como el metanol o etanol. Estudios han demostrado que este método puede alcanzar rendimientos superiores al 90%, dependiendo de las condiciones de reacción, como la temperatura y el tipo de catalizador utilizado (Bulla Pereira et al., 2014).

Además, la utilización de este residuo como materia prima para la producción de biodiesel ofrece ventajas económicas y ambientales. En comparación con los aceites vírgenes, el aceite residual es una opción más barata y su uso contribuye a una gestión más eficiente de los residuos (Maser Cerutti Emilio Arenas Guerrero Georgina Sandoval Stephanie Michelle Villafán Cáceres Alejandra Castro González Longoria Hernández Alfredo Fuentes, 2019). Sin embargo, es necesario optimizar los procesos para mejorar la rentabilidad y escalabilidad de esta tecnología, considerando factores como la calidad del aceite residual y las condiciones de reacción (Murcia Ordoñez et al., 2013).

En la reacción, los triglicéridos se descomponen en ésteres de ácidos grasos (el biodiesel) y glicerol. El glicerol, que es más denso, se separa por gravedad o centrifugación, quedando en la parte inferior del recipiente, mientras que el biodiesel, menos denso, flota en la superficie. Este glicerol crudo contiene impurezas como metanol, jabones y restos de catalizador, por lo que requiere procesos adicionales de purificación para su uso en diversas aplicaciones (Analuisa Mero et al., 2023).

El glicerol es un líquido viscoso, de sabor dulce y carácter neutro, que al enfriarse adquiere una consistencia gelatinosa tanto en apariencia como al tacto. Se caracteriza por su elevado punto de ebullición y su solubilidad en agua y alcohol, aunque no en aceites. Además, su capacidad disolvente es superior a la del agua o el alcohol para ciertos compuestos, lo que lo convierte en un solvente eficaz en diversas aplicaciones (Romero et al., 2012)



La purificación del glicerol derivado de la producción de biodiesel representa un desafío técnico y económico crítico para la sostenibilidad de esta industria. Durante la transesterificación de aceites vegetales o grasas animales, se genera aproximadamente 10% de glicerol crudo como subproducto, compuesto por 35-88% de glicerina junto con metanol residual, jabones, catalizadores alcalinos y sales inorgánicas (Abdul Raman et al., 2019).

En México, el glicerol residual derivado de la producción de biodiesel se ha convertido en un subproducto con múltiples aplicaciones, contribuyendo a la economía circular y reduciendo el impacto ambiental (Manuel et al., n.d.). Entre sus principales usos destacan:

- 1. Agricultura:** El glicerol crudo se utiliza como fuente de carbono para el desarrollo de microorganismos solubilizadores de fósforo, como *Pseudomonas plecoglossicida*, lo que favorece la recuperación de suelos agrícolas y mejora los rendimientos de cultivos como el frijol
- 2. Producción de compuestos de valor agregado:** Se emplea como sustrato para la producción de ácido cítrico y pirocianina, compuestos con aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica, respectivamente. Esto reduce costos al utilizar residuos en vez de medios de cultivo comerciales⁴⁵.
- 3. Biotecnología:** El glicerol residual se aprovecha en procesos biotecnológicos, como la producción de polihidroxialcanolatos (PHA), que son biopolímeros utilizados en la fabricación de plásticos biodegradables.
- 4. Generación de energía:** En algunos casos, el glicerol se utiliza como combustible alternativo en procesos de incineración controlada, aunque esta práctica es menos sostenible comparada con otras aplicaciones.

Estos usos no solo contribuyen a la gestión eficiente de residuos, sino que también fomentan la innovación y el desarrollo de industrias emergentes en México, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y economía circular.

Según la concentración de glicerol las calidades de la glicerina son (Alexander Posada-Duque & Ariel Cardona-Alzate, 2010) :

Glicerina cruda: Es el subproducto obtenido en la salida del proceso de transesterificación. Contiene una alta proporción de metanol, agua, jabones y sales. Su contenido de glicerol suele oscilar entre el 50% y el 70% en peso.



Glicerina de grado técnico: Se caracteriza por su alta pureza, ya que la mayoría de las impurezas han sido eliminadas. No contiene metanol, jabones, sales ni otras sustancias no deseadas. Según diversas fuentes, su concentración de glicerol debe ser de al menos un 85%, aunque algunos estándares establecen un mínimo del 98%.

Glicerina refinada o USP: Cumple con los estándares de calidad farmacéutica, lo que la hace apta para su uso en la industria alimentaria, cosmética, productos para el cuidado personal y aplicaciones farmacéuticas. Con un contenido de glicerol del 99%, cumple con las especificaciones de la farmacopea de los Estados Unidos (USP) y el Código de Sustancias Químicas para Alimentos (FCC).

Diversos estudios han analizado el proceso de purificación del glicerol crudo y han identificado cuatro enfoques principales para su refinamiento:

1. Filtración mediante membranas.
2. Uso de resinas de intercambio iónico.
3. Destilación al vacío.
4. Adsorción con carbón activado.

Cada una de estas estrategias presenta ventajas y desventajas. Algunas demandan un alto consumo de energía, otras requieren grandes volúmenes de agua y generan residuos líquidos, mientras que algunas tecnologías aún no han sido investigadas en profundidad. No obstante, todos estos métodos de purificación necesitan una fase previa de pretratamiento químico. Este proceso implica una serie de separaciones físicas que se llevan a cabo mediante la modificación del pH de la solución, lo que permite fraccionar las distintas fases y eliminar las sales presentes en el glicerol crudo (*Art9-Investigacion-Purificacion-Glicerol*, n.d.)

Para este estudio, el glicerol purificado se utilizó para diversas pruebas con celdas electroquímicas de alcohol directo (DAFC, por sus siglas en inglés), las cuales utilizan alcoholes como metanol, etanol y glicerol como fuente de energía y son dispositivos alternos que representan una gran oportunidad de transformar compuestos químicos en energía eléctrica, a través de celdas electroquímicas, se encuentran las celdas de combustible (Velázquez-Hernández et al., 2021). Sin embargo, es necesario mencionar que la idea de este proyecto es utilizar glicerol sin purificar, precisamente exaltando la utilidad que se le puede dar a este producto.



El estudio de los costos es un aspecto fundamental para evaluar la viabilidad comercial del proceso de purificación del glicerol crudo. De acuerdo con estudios previos, el margen bruto de utilidad puede llegar a ser de hasta un 21.8%, tomando como referencia la producción de 1,0 tonelada de glicerol purificado, sin incluir los costos operativos. Tanto el metanol como el carbón activado pueden ser reciclados y reutilizados dentro del sistema, por lo que se ha estimado una pérdida del 10 % en peso para estos materiales (Xu Chumbao 2014).

La espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) es una técnica analítica empleada para caracterizar y evaluar materiales a través de la identificación de su "familia química". Al analizar una muestra, se genera un espectro con picos de absorción que corresponden a las vibraciones de los enlaces entre los átomos presentes en el material. Estos espectros infrarrojos actúan como una "huella digital" química, lo que permite compararlos con bases de datos de referencia para identificar la familia química o determinar la composición de sustancias desconocidas (J.S. Held. (s.f.). Tecnología y análisis de infrarrojos por transformada de Fourier. J.S. Held).

Los espectros FTIR del glicerol comercial presenta picos característicos en 3345 cm^{-1} (vibración de estiramiento O–H), $2933\text{--}2881\text{ cm}^{-1}$ (vibración de estiramiento C–H), 1652 cm^{-1} (flexión H–O), $1420\text{--}1460\text{ cm}^{-1}$ (flexión C–O–H), 1110 cm^{-1} (estiramiento C–O de alcoholes secundarios) y 926 cm^{-1} (flexión O–H). Una señal ubicada en el rango de $1500\text{--}1800\text{ cm}^{-1}$, puede descomponerse en dos componentes, con un pico a 1583 cm^{-1} asociado a la funcionalidad COO que sugiere la posible presencia de trazas de ácidos grasos o jabones en la muestra (Parveen & Filho, 2016).

METODOLOGÍA

Enfoque de la investigación

El enfoque es cualitativo, donde se busca determinar los componentes del glicerol tratado a través de análisis de FTIR.

Diseño de la investigación

La investigación se dividió en 3 etapas:

1. **Revisión bibliográfica.** Consiste en la recopilación y estudio minucioso de artículos científicos cuyo tema principal sea la producción de biodiesel y tratamiento de glicerol generado durante la transesterificación.



2. **Experimentación.** Con base en la información obtenida, se definió una técnica de tratamiento de glicerol crudo para su uso en celdas electroquímicas de alcohol directo en un proyecto alternno.
3. **Análisis y validación de resultados.** La muestra de glicerol tratada fue analizada por FTIR con un equipo marca Shimadzu Modelo IRAffinity-1S y los resultados fueron comparados con investigaciones previas estudiadas.

Muestra

Se utilizó aceite residual de cocina recolectado previamente en el Hotel Gran Bahía Príncipe en la ciudad de Akumal, Quintana Roo. Se obtuvo una muestra representativa de 150 litros del total que se recolecta durante la semana. Esta muestra se filtró previamente para retirar todos los sólidos gruesos y posteriormente se realizó un filtrado más fino con filtros caseros (café).

Limitaciones

Se utilizó aceite residual

Procedimiento

1. **Producción de biodiesel.** Se procesaron 900ml de aceite residual de cocina (ARC) el cual fue filtrado y secado previamente. Se llevó a cabo una reacción de transesterificación con catalizador básico de Hidróxido de Sodio (NaOH) al 1%, una Temperatura de 65°C, un tiempo de reacción de 50 minutos y una relación metanol-aceite de 6:1. Como resultado de la reacción de transesterificación se obtuvo biodiesel y glicerol. Se aísla el glicerol (parte inferior) para sus posteriores pruebas de tratamiento y caracterización.
2. **Tratamiento de glicerol.** Se obtuvieron 130ml de glicerol, que se acidificó con ácido sulfúrico concentrado hasta reducir el pH a 2 unidades. Se dejó reposar en un embudo de separación durante 24 horas y como resultado se obtuvieron 3 fases, que constan de: glicerol, ácidos grasos y sales remanentes. Se realiza la separación obteniendo únicamente el glicerol, que se encontró en la fase superior.
3. **Evaporación.** El glicerol obtenido finalmente, equivalente a 100ml se neutralizó a un pH de 7 unidades con una solución concentrada de hidróxido de sodio. Posteriormente se llevó a un rotoevaporador para separar del glicerol el agua y metanol que aún pudieran estar presentes. La



temperatura de referencia fue de 65°, considerando que es la temperatura a la que el metanol se evapora.

4. Se analizaron por FTIR la muestra de glicerol obtenido, sin tratar y tratado, para verificar las diferencias en los espectros correspondientes.

RESULTADOS

Durante la evaporación se obtuvo un 8% de destilado con respecto a la cantidad de muestra procesada. Este destilado corresponde a metanol y agua remanentes en el producto.

Se obtuvo un producto con características correspondientes al glicerol, con una consistencia adecuada para los fines a utilizar.

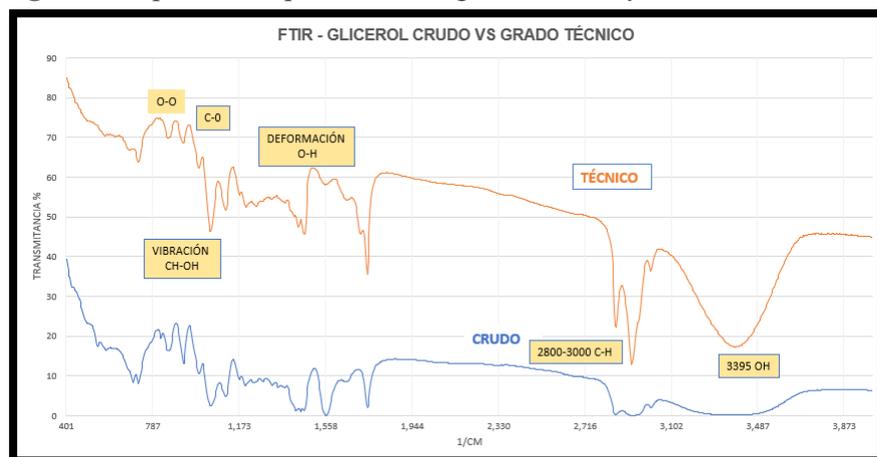
El espectro FTIR presentado (Figura 1) compara la transmitancia del glicerol crudo y el glicerol de grado técnico obtenido a partir del proceso de producción de biodiésel. Se observan diferencias significativas entre ambas muestras en diversas regiones espectrales, lo que indica cambios en la composición química tras el tratamiento de purificación.

En el espectro del glicerol crudo (línea azul), se identifican señales características en la región de 2800-3000 cm^{-1} , correspondientes al estiramiento C-H, y una banda ancha centrada en 3395 cm^{-1} , atribuida a las vibraciones de estiramiento O-H de los grupos hidroxilo, indicando la presencia de impurezas como agua y alcoholes residuales.

Por otro lado, el espectro del glicerol técnico (línea naranja) muestra una disminución en la intensidad de las bandas asociadas a impurezas, reflejando un mayor grado de pureza. Se identifican señales en la región de C=O y C-O, representativas de compuestos carbonílicos y éteres, lo que sugiere la presencia de trazas de glicerol oxidado o restos de sales orgánicas. Además, la deformación O-H indica la posible interacción del glicerol con otros compuestos polares.



Figura 1. Espectro comparativo entre glicerol crudo y tratado



CONCLUSIÓN

Las diferencias entre ambos espectros confirman la efectividad del proceso de refinamiento en la eliminación de impurezas, mejorando la calidad del glicerol obtenido. Sin embargo, la persistencia de ciertas bandas sugiere la presencia de residuos secundarios, lo que podría requerir etapas adicionales de purificación para aplicaciones de mayor exigencia.

El producto obtenido cumple con las características necesarias para utilizarse en celdas de combustible, por lo que se considera viable el proceso de tratamiento del glicerol. De igual forma, esta utilidad le da mayor valor comercial y ambiental a la producción de biodiesel utilizando aceite residual de cocinas, evitando malos usos que generan contaminación principalmente en mantos acuíferos debido a la falta de regulación en su disposición final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdul Raman, A. A., Tan, H. W., & Buthiyappan, A. (2019). Two-Step Purification of Glycerol as a Value Added by Product From the Biodiesel Production Process. *Frontiers in Chemistry*, 7. <https://doi.org/10.3389/fchem.2019.00774>
- Alexander Posada-Duque, J., & Ariel Cardona-Alzate, C. (2010). *Bogotá (Colombia)*. 14(1), 9–27.
- Analuisa Mero, S. J., Moreno Ponce, L. A., Garcia Muentes, S. A., Cevallos Cedeno, R. E., & Garcia Bowen, A. M. (2023). Obtaining glycerol from the transesterification of used edible oils. *Minerva*, 4(12), 29–38. <https://doi.org/10.47460/minerva.v4i12.134>

Antonio Alfonso Alvarez, J. (n.d.). *Obtención de biodiesel a partir de aceites usados en casa habitación de la comunidad del Refugio.*

art9-investigacion-purificacion-glicerol. (n.d.).

Bulla Pereira, E. A., Sierra, F. E., & Guerrero, C. A. (2014). Producción de biodiésel usando aceites residuales de fritura y etanol por catálisis alcalina. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 61–69.

<https://doi.org/10.16925/in.v9i17.806>

Manuel, M. S., Mayorga, A., & Mejía, W. A. (n.d.). *APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL GLICEROL RESIDUAL EN LA INDUSTRIA DEL BIODIESEL: CASO 1,3-PROPANODIOL (1,3-PD).*

Masera Cerutti Emilio Arenas Guerrero Georgina Sandoval Stephanie Michelle Villafán Cáceres Alejandra Castro González Longoria Hernández Alfredo Fuentes, O. (2019). *Grupo de Trabajo.*

Murcia Ordoñez, B., Carlos Chaves, L., Rodríguez-Pérez, W., Andredy Murcia, M., & Rocío Alvarado, E. (2013). Biodiesel de aceite residual de cocina Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina Characterization of Biodiesel obtained from waste cooking oil. In *Rev. Colomb. Biotecnol* (Issue 1).

Parveen, R., & Filho, G. T. (2016). *Supplementary information Section A step ahead towards the green synthesis of monodisperse gold nanoparticles: the use of crude glycerol as a greener and low-cost reducing agent.*

Romero, L., Cortez, R., Sánchez, L., Piracoca, M., Ayala, L., & Becerra Castro, Y. (2012). *PROCESO INTEGRAL DE OBTENCIÓN DE GLICEROL COMO SUBPRODUCTO DE LA PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL, A PARTIR DEL ACEITE DE HIGUERILLA (Integral process of obtaining glycerol as a by-product of biodiesel production from castor oil)* (Vol. 12, Issue 2).

<http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?Name=glycerine&Units=SI&cTP>

Velázquez-Hernández, I., Álvarez-López, A., Álvarez-Contreras, L., Guerra-Balcázar, M., & Arjona, N. (2021). Electrocatalytic oxidation of crude glycerol from the biodiesel production on Pd-M (M = Ir, Ru or Pt) sub-10 nm nanomaterials. *Applied Surface Science*, 545.

<https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.149055>



Purification of Crude Glycerol using Acidification: Effects of Acid Types and Product Characterization. Xu Chunbao (Charles), Department of Chemical and Biochemical Engineering, Institute for Chemicals and Fuels from Alternative Resources (ICFAR), Western University, London, ON, Canada, N6A 5B9

J.S. Held. (s.f.). Tecnología y análisis de infrarrojos por transformada de Fourier. J.S. Held. [Tecnología y análisis de infrarrojos por transformada de Fourier \(FTIR\)](#)

