

## Caso de estudio: Biodiesel

Montserrat Escobar Benitez, Dra. Alma Serafin , M.C. Guadalupe Medina

El biodiesel es una alternativa sustentable y biodegradable a los combustibles derivados del petróleo. Esta alternativa surgió como resultado de la búsqueda para sustituir a los combustibles fósiles debido a la creciente deficiencia de los mismos durante los últimos años y a su impacto negativo sobre el medio ambiente.

La American Society of Testing and Materials (ASTM), define al biodiesel como “el éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables, tales como aceites vegetales o grasas animales, para utilizarlos en motores de diesel”.

### Materias primas

El biodiesel se produce a partir de aceites animales o vegetales provenientes de cultivos como palma, soya, coco, girasol, canola, jatropha, moringa oleífera, entre otros (Cedeño et al., 2017). El problema con estos últimos es que usar aceites vírgenes abre el debate ante la seguridad alimentaria y si un país está dispuesto a destinar sus cultivos para producir combustibles en lugar de utilizarlos como alimento. Ante esta problemática surge la necesidad de encontrar una materia prima alternativa para la producción del biocombustible. La productividad promedio de algunos de los cultivos más utilizados se muestra en la tabla de abajo.

Cultivo	Contenido de aceite (% del peso total)	Producción de aceite (kg/ha)
Girasol	44	308
Colza	40	600
Cardo	24	360

*Fuente: (Castells & Alsina, 2018)*

Los aceites residuales de cocina pueden contaminar cerca de un millón de litros de agua si son vertidos al drenaje de las casas (Mahecha et al., 2019). La manera ideal de disponer este residuo sería depositarlo en botellas de plástico PET, cerrarlas y colocarlas en la basura. Sin embargo, una alternativa para usar estos residuos es integrarlos a la cadena de producción de biodiésel como material prima, presentando una solución para el problema de contaminación.

Por otro lado, el costo relativamente alto de los aceites contribuye al 60-80% del costo total del biodiesel, haciendolo no competitivo con el petrodiesel (Aguilar-Garnica et al., 2013). Para enfrentar el problema de costo utilizar aceites usados en cocina es una alternativa de materia prima más barata que permite reducir el costo total de producción del biodiesel para que este pueda competir en el mercado contra otros combustibles fosiles.

### Proceso de obtención

Hasta la fecha, tres procesos han sido estudiados para hacer del biodiésel un combustible viable, a saber: pirólisis, micro-emulsificación y transesterificación (Cedeño et al., 2017).

El metodo mas habitual para obtener biodiesel a partir de aceites vegetales es la transesterificación debido a que es un proceso sencillo y con mejores rendimientos. En este proceso, que puede ser catalizado o no, el aceite reacciona con un alcohol produciendo éster alquílico de ácidos grasos (biodiesel), compuesto que se puede utilizar directamente en un quemador o en un motor de diesel sin modificar (García-Díaz et al., 2013), y glicerina como subproducto. La glicerina puede usarse en otras industrias como la farmacéutica.

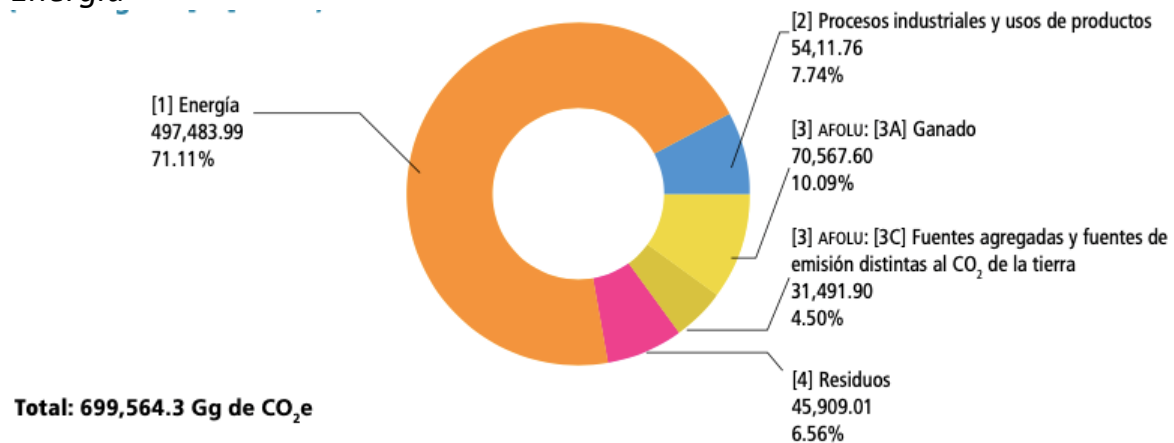
Tradicionalmente el alcohol más utilizado para el proceso de transesterificación es el metanol ( $\text{CH}_4\text{O}$ ) por su disponibilidad y bajo costo. Además, la reacción es catalizada por una base, como hidroxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ), ya que puede mejorar la eficiencia de la reacción y producir biodiesel de alta pureza. Por otro lado, el uso de una base como catalizador en el proceso de transesterificación solo puede ocuparse cuando el aceite de materia prima poseé un bajo contenido de ácidos grasos libres (AGL), ya que una elevada concentración de AGL puede producir saponificación pues estos reaccionan con el catalizador y poducen la hidrolisis de triacilglicerol, disminuyendo el rendimiento de la reacción (Goh et al., 2020) y dificultando la purificación del producto. Para solucionar este problema se realiza un proceso antes, denominado esterificación, este “pretratamiento” es usualmente catalizado por ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y aquí los AGL reaccionan formando biodiesel (Castells & Alsina, 2018).

Cuando se desea utilizar aceite usado, en especial aceite de cocina, es necesario realizar primero una filtración para eliminar partículas sólidas. Además es necesario determinar las propiedades del aceite antes de la producción de biodiesel, esto debido a que las características de estos aceites pueden variar según el tiempo de uso, si el aceite fue calentado más de una vez y que tipos de alimentos se frieron. La producción de dos pasos de biodiesel es una buena manera de poder aprovechar estos recursos y reducir la concentración de AGL de esta materia prima pues el nivel de AGL en aceites usados es entre 10-15% para aceite vegetal usado amarillo y más del 15% para aceite vegetal usado café (Hajjari et al., 2017).

### El biodiesel en ciudades sustentables

El objetivo de las ciudades sustentables es que estas sean inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles (UN). Para lograr esto una ciudad sustentables debe, entre muchas otras cosas, reducir el impacto ambiental negativo sobre la calidad del aire.

Si bien hay muchas causas sobre la contaminación del aire una de las primordiales es la quema de combustibles fósiles, en donde los automotores son una fuente significativa de emisiones de CO, HC y PM, debido principalmente a una combustión incompleta del combustible (Blumberg et al., 2003). En la siguiente imagen se muestran las emisiones asociadas a diferentes sectores en México durante el año 2015, en donde las actividades relacionadas con el transporte y combustibles se encuentran en el sector *Energía*



Fuente((INECC) & (SEMARNAT), 2018)

Comparado con el combustible diesel, el biodiesel emite 20%, 30% y 50% menos HC, CO y smoke, respectivamente (Hajjari et al., 2017). La Environmental Protection Agency (EPA) concluyó que las emisiones de material particulado disminuyen un 47% y las de monóxido de carbono (CO) 48% cuando se usaba biodiesel (Cedeño et al., 2017). Así pues, el biodiesel es una alternativa que permite mantener la movilidad de las personas sin comprometer la calidad del aire. En la siguiente tabla se presenta una comparación sobre las emisiones vehiculares de diferentes tipos de vehículos pero que en todos los casos utilizan combustibles fósiles

Categoría	Emisiones (Ton/día)				
	CO	COV	NOx	MP2.5	N2O
Motos	39	24	0,7	0,4	0,0
Camión	144	7,9	12	0,3	0,01
Bus	269	18	52	2,1	0,02
VP	454	49	40	0,1	0,11
Taxi	125	8,1	8,9	0,1	0,03
Bus articulado	1,3	0,3	1,8	0,0	0,01
Alimentador	0,6	0,1	0,8	0,0	0,01
Total	1033	107	116	3	0,2

*Fuente (Herrera Montañez, 2007)*

Además de su relación directa con la calidad del aire el uso de biodiesel también ayuda indirectamente a la salud de las personas pues disminuye la concentración de emisiones que pueden llegar a ser tóxicas para la ciudadanía. El monóxido de carbono (CO), por ejemplo, es un gas venenoso que combinado con la hemoglobina de la sangre reduce el flujo de oxígeno necesario para el funcionamiento del cuerpo (Riveros, Cabrera, & Martínez).

En la actualidad el biodiesel se puede ocupar como aditivo en motores de combustión a manera de mezcla, 20% (B20) o 50% (B50), o de manera directa cuando el motor está adaptado para eso debido a la elevada viscosidad del biocombustible (García-Díaz et al., 2013). En cuanto a el rendimiento es necesario modificar algunos factores en el diseño de los motores para que puedan igualar la eficiencia presentada por combustibles fósiles (Castells & Alsina, 2018).

En un escenario donde se adopten políticas de apoyo para la producción de biodiesel y ocupe 3% del mercado de combustibles las reducciones de emisiones de efecto invernadero llegarían a un máximo de mitigación anual de entre 1.7 y 2.4 MtCO<sub>2</sub>e/año, y en términos de impacto económico resultaría en ingresos adicionales al sector agrícola de entre 60,000 y 86,000 millones de

pesos y entre 6,000 y 9,000 millones de pesos en infraestructura industrial para la producción de biodiesel (Riegelhaupt et al., 2016).

Otra ventaja del biodiesel es su toxicidad acuática, pues según el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) de los Estados Unidos se requieren concentraciones mayores a 1000 mg/L en el agua para llegar a niveles letales, por lo que se considera que su toxicidad es muy baja siendo inofensivo para la fauna acuática. Esto presenta la oportunidad de ocupar el biocombustibles en zonas costeras para reducir el impacto en casos de derrames.

#### El biodiesel desde un enfoque de economía circular

Si el biodiesel se produce en su totalidad a partir de aceite de cocina utilizado, y con la correcta logística de recolección de dicho residuo, se puede tener un proceso económicamente viable que además es amigable con el ambiente.

Aunque el objetivo del biodiesel en sus inicios era sustituir a los combustibles fósiles siendo una alternativa igual de eficiente pero con menos repercusiones negativas al ambiente, a través de los años su uso se ha diversificado gracias a numerosas investigaciones.

El biodiesel puede ser ocupado en cualquier motor de diesel por lo que se han realizado proyectos para ocuparlo como combustible para generadores eléctricos en comunidades rurales. En estos proyectos se plantea un proceso productivo en donde la materia prima para producir el biodiesel provenga de los residuos agrícolas de la comunidad así como sus propios residuos alimentarios y, una vez producido el combustible, se ocupe para generar electricidad que permita alimentar a las casas de la zona (Homer et al.). Proyectos como este presentan no solo una alternativa para la utilización de los residuos de una comunidad sino que también amplían los sectores económicos de una localidad y con esto mejoran la calidad de vida de sus habitantes.

Otra alternativa para el uso de biodiesel es como acelerador para la biodegradación de hidrocarburos durante derrames en medios acuáticos ya que la mezcla de biodiesel con diesel o gasolina tiene efectos sinérgicos de cometabolismo permitiendo que el tiempo requerido para alcanzar un 50% de biodegradación se reduzca de 28 a 22 con B5 y de 28 a 16 días con B20 (Cedeño et al., 2017).

La glicerina es el subproducto obtenido del proceso de producción de biodiesel, por cada 10kg de biodiesel producido se genera 1kg de glicerina (Betancourt-Aguilar et al., 2016). Para poder aprovechar la glicerina es necesario someterla a un proceso de acidulación con ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) pues la glicerina cruda de la producción de biodiesel contiene una gran cantidad de jabones, el catalizador alcalino utilizado y metanol por lo que es necesario llevarla a un grado técnico (85% p/p de pureza) (Mora et al., 2015). Dentro de las principales aplicaciones de este compuesto se encuentran la elaboración de cosméticos, la elaboración de medicamentos en forma de jarabes, como lubricante de maquinarias específicas y la fabricación de poliuretanos (Plaza Gutiérrez, 2016).

En el siguiente esquema, realizado con Canva online, se muestra la producción del biodiesel desde una visión de economía circular partiendo desde los cultivos utilizados para realizar aceites de cocina y la recolección de los mismo, una vez usados, para su implementación como materia prima en la producción de biodiesel que será destinado como combustibles de vehículos o como fuente alterna para la producción de energía. También se observa la utilización del subproducto glicerina en otras industrias como la farmacéutica.

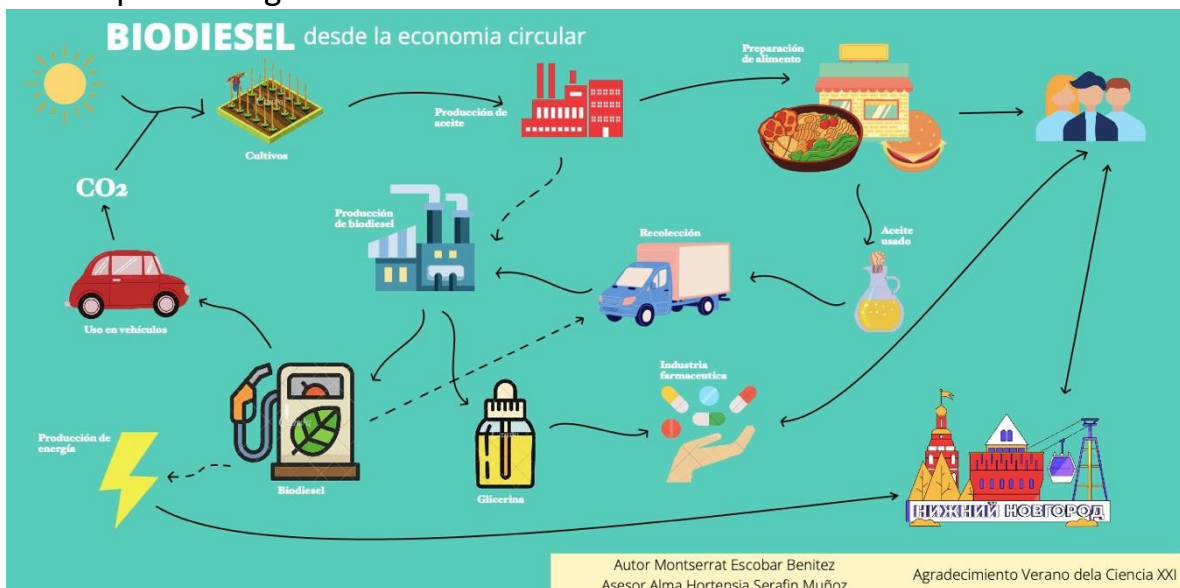


Ilustración 1 Biodiesel desde una perspectiva de economía circular

(INECC), I. N. d. E. y. C. C., & (SEMARNAT), S. d. M. A. y. R. N. (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 INEGYCEI. In. Biblioteca digital de Cambio Climático.

- Aguilar-Garnica, E., Paredes-Casillas, M., Herrera-Larrasilla, T. E., Rodríguez-Palomera, F., & Ramírez-Arreola, D. E. (2013). Analysis of recycled poly (styrene-co-butadiene) sulfonation: a new approach in solid catalysts for biodiesel production. *SpringerPlus*, 2(1), 1-7.
- Betancourt-Aguilar, C., Mello-Prado, R., Castellanos-González, L., & Silva-Campos, C. N. (2016). Características de la glicerina generada en la producción de biodiesel, aplicaciones generales y su uso en el suelo. *Cultivos Tropicales*, 37(3), 7-14.
- Blumberg, K., Walsh, C., & Pera, K. (2003). Gasolina y diesel de bajo azufre: la clave para disminuir las emisiones vehiculares. *Obtenido de [https://www.theicct.org/sites/default/files/Bajo\\_Azufre\\_ICCT\\_2003.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/Bajo_Azufre_ICCT_2003.pdf)*.
- Castells, X. E., & Alsina, S. B. (2018). Título de la obra: Economía circular: conversión de residuos en recursos.
- Cedeño, E. A. L., Rocha-Hoyos, J., Alvear, P. S., & Barboza, J. M. (2017). Producción e impacto del biodiesel: una revisión. *INNOVA Research Journal*, 2(7), 59-76.
- García-Díaz, M., Gandón-Hernández, J., & Maqueira-Tamayo, Y. (2013). Estudio de la obtención de biodiesel a partir de aceite comestible usado. *Tecnología Química*, 33(2), 162-169.
- Goh, B. H. H., Chong, C. T., Ge, Y., Ong, H. C., Ng, J.-H., Tian, B., . . . Józsa, V. (2020). Progress in utilisation of waste cooking oil for sustainable biodiesel and biojet fuel production. *Energy Conversion and Management*, 223, 113296. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113296>
- Hajjari, M., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., & Ghanavati, H. (2017). A review on the prospects of sustainable biodiesel production: A global scenario with an emphasis on waste-oil biodiesel utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 445-464. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.034>
- Herrera Montañez, D. (2007). Modelo de emisiones vehiculares para la ciudad de Bogotá (EVB).
- Homer, I., Ruiz, F. J., Sánchez, M., & Calandra, P. (2014). Desarrollo de un sistema de electrificación rural a partir de Biodiesel proveniente de recolección de aceites usados.
- Mahecha, M. V., Torres, F. V., & Buitrago, J. S. (2019). PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE COCINA USADO. *Germina. Revista Anual de Investigación Formativa*, 2(2), 120-149.
- Mora, J. A. H., Páez, J. C. A., Rentería, C. F. V., & Rivera, F. R. P. (2015). Evaluación de rutas alternativas de aprovechamiento de la glicerina obtenida en la producción de biodiésel: una revisión. *Ingeniería y Desarrollo*, 33(1), 126-148.
- Plaza Gutiérrez, E. J. (2016). Uso de la glicerina, subproducto del Biodiesel, en quemadores industriales y optimización del Biodiesel.
- Riegelhaupt, E., Odenthal, J., Janeiro, L., & Koper, M. (2016). Diagnóstico de la Situación Actual del Biodiesel en México y Escenarios para su Aprovechamiento. *Red Mexicana de Bioenergía. ECOFYS. Utrecht, Netherlands*.