



## **Aprovechamiento de aceite residual doméstico de Puerto Progreso, Yucatán, como recurso para la producción de un biodiesel.**

Jordy Jose Alvarado-Pacheco<sup>1</sup>, Jesús Agustín Canul-Ku<sup>1</sup>, Fidelina Noemí Quijano-Carreón<sup>1</sup>,

Yoysi Jesús Gamboa-Quijano<sup>1</sup>, Francisco Gilberto Herrera-Chalé<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Tecnologico Nacional de México Campus Progreso, Boulevard Víctor Manuel Cervera Pacheco s/n X 62, Progreso 97320, Yucatán, México.

\*Autor de correspondencia: [fherrera@itsprogreso.edu.mx](mailto:fherrera@itsprogreso.edu.mx)

Recibido 13 de agosto de 2020; aceptado 28 de septiembre de 2020

### **RESUMEN**

El crecimiento acelerado de la población y las múltiples actividades que se realizan constantemente han ocasionado una gran demanda de alimentos fritos como pescado, carnes, embutidos, etcétera, los cuales generan grandes cantidades de aceite vegetal usado y son desechados directamente en el suelo o fosas sépticas, ocasionando contaminación ambiental, principalmente daños al manto freático de la península de Yucatán. El objetivo de este trabajo fue recolectar aceite vegetal de uso doméstico en Puerto Progreso, Yucatán, con la finalidad de producir biodiesel a través de la transesterificación; el producto derivado de esta investigación tuvo un rendimiento del 70.886 %, con un pH de 7 y una densidad de 0.8750 gr/ml. La utilización de estos aceites de deshecho podría contribuir principalmente a la reducción de la contaminación del manto freático en este puerto, y su aprovechamiento como materia prima para la producción de biodiesel sería una alternativa para la disminución del uso de combustibles fósiles.

**PALABRAS CLAVE:** Aceite vegetal usado, transesterificación, contaminación, biodiesel.

### **ABSTRACT**

The population fast growth and the multiple activities that they constantly carry out are causes of fried food as fish, meat and sausages consumption has increased, situation that generates large amounts of used vegetable oil that is disposed on the ground and septic tanks, causing environmental contamination, mainly to the water table of the Yucatán peninsula. The objective of this work was to collect used domestic vegetable oil in Puerto Progreso, Yucatán, in order to produce biodiesel through transesterification; the product derived from this research had a yield of 70.886%, with a pH of 7 and a density of 0.8750 gr/ml. The use of these waste oils could mainly contribute to reduce the contamination of the water table in this port, and their use as a raw material for the production of biodiesel would be an alternative to reduce the use of fossil fuels.

**KEY WORDS:** Used vegetable oil, transesterification, pollution, biodiesel.

## INTRODUCCIÓN

El uso de aceites vegetales en los hogares de Puerto Progreso Yucatán, genera una gran cantidad de residuos, los cuales son desechados en fosas sépticas o en el suelo y ocasionan contaminación ambiental, generando daños principalmente al manto freático. Debido a esto, se produce la necesidad de aprovechar los aceites vegetales usados como materia prima en la producción de biodiesel, ya que este biocombustible resulta ventajoso desde el punto de vista energético, y mucho más recomendable desde el punto de vista medioambiental por su menor nivel de emisión de gases nocivos, en particular de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es el principal causante del efecto invernadero. La ASTM (American Society for Testing and Materials) define el biodiésel como ésteres monoalquílicos de cadena larga de ácidos grasos (FAME), el cual se encuentra en estado líquido y se obtiene a partir de recursos renovables como aceites vegetales de soja, girasol, palma, grasas animales y aceites usados a través de un proceso denominado transesterificación (Garrido, 2010). En la tabla 1 se muestran algunas características fisicoquímicas del biodiesel obtenido de diferentes materias primas; se considera un combustible

alternativo para motores de combustión interna. Generalmente, el biodiesel está compuesto por ésteres metílicos de cadena larga (C14-C22), así como de ácidos grasos como el ácido láurico, palmítico, esteárico y oleico, además de alcoholes de cadena corta provenientes del metanol o el etanol. El biodiesel es el mejor candidato para del gasóleo en los motores diésel. (Demirbas, 2009). Asimismo, el biodiesel se utiliza como aditivo en motores de combustión interna en forma de mezcla que contenga el 10, 20 o 50% de biodiesel (B10 B20, B50), o directo que contenga el 100 % de biodiesel (B100). En la tabla 2 se muestran los principales países productores de biodiesel que utilizan este biocombustible en motores diésel. Por todo lo anterior, el objetivo de este trabajo es obtener biodiesel a partir de aceites de fritura domésticas de Puerto Progreso, Yucatán.

**Tabla 1.** Caracterización fisicoquímica del biodiesel por el método de transesterificación (Demirbas, 2008; Yaakob et al., 2013).

<b>Materia prima</b>	<b>Viscosidad cinemática (mm<sup>2</sup>/s)</b>	<b>Densidad (gr/l)</b>	<b>Punto de inflamabilidad (k)</b>
----------------------	---	------------------------	------------------------------------

Aceite residual de cocina	3.55	897	483
Aceite de algodón	3.75	871	455
Aceite de maíz	3.62	873	427
Aceite de crambe	5.12	848	463
Aceite de avellanas	3.59	875	425
Aceite de linaza	2.83	885	415
Aceite de mostaza	4.10	866	442
Aceite de oliva	4.18	860	447
aceite de palma	3.94	867	434
Aceite de colza	4.60	857	453
Aceite de cártamo	4.03	866	440

**Tabla 2.** Principales países productores de biodiesel (Ren21, 2019).

País	Biodiesel	Materia prima
Estados Unidos	6.9	Soja, palma, girasol.
Brasil	5.4	Soja, aceite de pollo, sebo vacuno.
Indonesia	4	Aceite de palma. Colza,
Alemania	3.5	grasas de animales.
Argentina	2.8	Aceite crudo de soja. Colza,
Francia	2.2	aceite de cocina usado.
España	2	Aceites vegetales

		(colza, soja y palma).
Tailandia	1.6	Aceite de palma.
Italia	9	Aceite de colza, palma y vegetal.
China	1	Aceite de palma.

confianza de 0.05. En la tabla 3 se presentan los materiales y reactivos utilizados en este estudio.

**Tabla 3.** Lista de materiales y reactivos para la producción biodiésel. (Autoría propia)

Materiales	Reactivos
Placa de calentamiento.	Aceite vegetal usado 100 gr.
Embudo de vidrio de talle largo.	Aceite vegetal nuevo 100 gr.
Matraz Erlenmeyer de 250 ml.	Hidróxido de potasio (KOH).
Vaso de precipitado de 250 ml.	Metanol al 99%.
Agitador magnético.	
Soporte universal.	
Arillo de metal.	
Espátula.	

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo esta investigación, se realizó una encuesta (con respuestas cerradas) entre los habitantes de Puerto Progreso, Yucatán, para conocer la cantidad y el uso o destino final que se le da a un aceite de fritura usado en los hogares. El desarrollo experimental se realizó en el laboratorio multifuncional del TecNM Campus Progreso, y el proceso metodológico está dividido en tres fases: 1.- Recolección y limpieza. 2.- Transesterificación y separación. 3.- Purificación del biodiesel. Todos los resultados obtenidos en este estudio fueron tratados estadísticamente, utilizando un nivel de

### 1. Recolección y filtración

En esta etapa se colectaron seis litros de aceite de fritura usados, provenientes de algunos domicilios particulares de Puerto Progreso, Yucatán, aceite que limpió impurezas suspendidas, utilizando un embudo y papel filtro durante

un tiempo de tres periodos de 8 horas, como se observa en la figura 1.



**Figura 1.** Proceso de filtración del aceite de fritura usado (elaboración propia).

## 2. Transesterificación y separación

Para llevar a cabo el proceso de obtención del biodiesel, se pesaron 100 gr de aceite y se elevó a una temperatura de 105 °C; una vez alcanzada esta temperatura y manteniéndola constante, se le agregaron 23 gr de metóxido (22 gr de metanol y 1 gr de KOH) y se mantuvo en agitación a 800 RPM durante una hora. Finalmente, la mezcla de aceite y metóxido se dejó enfriar y se vertió a un embudo de separación con la finalidad de separar el biodiesel y la glicerina; para tener un patrón de referencia, se realizó el mismo procedimiento utilizando un aceite vegetal nuevo. Ambos experimentos se realizaron por triplicado. En la

figura 2 se observa una comparación de la fase de decantación entre el aceite vegetal usado y el nuevo.



**Figura 2.** Fases de la decantación del aceite usado y aceite nuevo (elaboración propia).

## 3. Separación y purificación del biodiésel

En esta etapa, se separó la fase rica en glicerol y el biodiesel. La fracción de biodiesel se purificó en el embudo de separación con lavados de 100 ml de agua destilada, con el objetivo de eliminar los residuos del metóxido, proceso que se repitió hasta que la fase acuosa de los lavados presentó un pH de 7.

## 4. Pruebas químicas y físicas

Para llevar a cabo la caracterización del biodiesel obtenido, se realizaron mediciones de pH utilizando un medidor portátil de la marca OEM, mientras que para la

determinación de la densidad, se usó una balanza analítica digital y se realizó una prueba de flamabilidad que consiste en colocar el biodiésel en un atomizador y rociar la muestra en un quemador bunsen.

## RESULTADOS

Las encuestas se aplicaron a 130 participantes: 74 hombres y 56 mujeres. Del total de encuestados, el 31.5% sabe qué se puede usar para obtener un biocombustible; sin embargo, el 50% no tiene el conocimiento para qué se puede utilizar. Por otro lado, el 43.8 % de los encuestados opinaron que estos aceites de deshecho son arrojados al desagüe mientras lavan o limpian los utensilios de cocina, y el 44.6% indica que lo juntan y luego lo mandan a tirar. Un 36.9 % de los encuestados generan entre 2 y 4 L de aceite de cocina usado durante un mes. Además, el 80.8 % de los encuestados está totalmente de acuerdo en donar su aceite doméstico usado para contribuir al cuidado del medio ambiente a través de su reciclaje.

Con respecto a la obtención del biodiesel a partir de aceite vegetal nuevo y aceite vegetal usado, por cada 100 gr utilizados de estos aceites en la parte experimental, al final se recuperó 62.087% y 70.886%,

respectivamente, resultados similares a los reportados por Tequé en el 2017 en su estudio sobre la calidad de biodiesel, donde, a partir del porcentaje de ácidos grasos libres de aceite usado, obtuvo un rendimiento de 76.67% con una densidad de 0.8765 gr/ml, utilizando aceite usado de fritura. De igual manera, en su estudio sobre la obtención de biodiesel a partir de aceites comestibles vegetales usados (acvus), como una alternativa para el reciclaje de material de desecho altamente contaminante para el medioambiente, Arias (2013) obtuvo un rendimiento del 70.43 %.

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de la parte experimental, donde se puede observar que, debido al proceso de transesterificación, el pH de las muestras pasa del estado ácido al básico, y después de obtener las dos fases a través de la decantación (biodiésel y glicerol) y al concluir el proceso de purificación, se obtuvo un pH neutro. El biodiésel obtenido tuvo una densidad inferior con respecto al aceite vegetal nuevo y el usado.

**Tabla 4.** Mediciones de pH y densidad (elaboración propia).

Muestra/Indicadores	pH	Densidad gr/ml
---------------------	----	----------------

Aceite vegetal nuevo	4	0.9947
Aceite vegetal usado	2	0.9181
Biodiesel aceite vegetal nuevo sin purificar	8	-----
Biodiesel aceite vegetal usado sin purificar	10	-----
Biodiesel aceite vegetal nuevo purificado	7	0.8773
Biodiesel aceite vegetal usado purificado	7	0.8750

demuestra que el proceso de obtención de biodiésel a partir de aceite nuevo o usado puede ser una opción ideal para la obtención de biocombustible.



**Figura 3.** Pruebas de flamabilidad del aceite vegetal usado y aceite vegetal nuevo (elaboración propia).

### Flamabilidad

Las pruebas de flamabilidad que realizaron al biodiesel de aceite vegetal nuevo y aceite vegetal usado, comparados con el aceite nuevo y aceite usado, se puede observar que ambos biodiésel (con aceite nuevo y usado) tuvieron los mismos efectos de flamabilidad, lo cual se ve demostrado en la figura 3. Lo anterior

Las mediciones de pH y densidad, realizadas al biodiésel obtenido en este experimento, fueron similares a otras investigaciones realizadas y se encuentran dentro de los valores aceptados por la ASTM D6751. Por ejemplo, García Díaz, en su estudio del 2012 sobre la obtención de biodiesel a partir de aceite comestible usado, reporta una densidad de 0.883 gr/ml y un pH de 6.2. Asimismo, Arias (2013), en su estudio sobre la obtención de biodiesel a partir de aceites comestibles vegetales usados (acvus), como una alternativa para el reciclaje de material de desecho altamente contaminante para el medioambiente, obtuvo una densidad de 0.90 gr/ml. Según los estándares



ASTM D6751, la densidad de un biodiésel debe estar en un rango de 0.86 a 0.9 gr/ml (Silitonga et al., 2013).

### **CONCLUSIONES**

Al finalizar este trabajo, se puede asegurar que la recolección del aceite residual doméstico en Puerto Progreso, Yucatán, es una buena alternativa para disminuir la contaminación de los mantos freáticos.

El proceso de transesterificación de los ácidos grasos contenidos en los aceites residuales domésticos dio como resultado un producto con algunas características idénticas a un biodiesel, como la densidad de 0.8750 g/ml, lo cual ayudaría en la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero. Además, la glicerina, como subproducto obtenido, puede ser aprovechada en aplicaciones como detergentes, aditivos alimentarios, productos cosméticos, lubricantes, entre otros.

### **RECOMENDACIONES**

Con la finalidad de evitar una mayor contaminación de los mantos freáticos, sería recomendable contar con una gestión en la recolección de los aceites residuales domésticos y, de esta manera, poder utilizarlos como

fuentes primarias para la producción de un biodiesel en Puerto Progreso, Yucatán.

Asimismo, para la continuidad de este proyecto, es recomendable realizar más pruebas fisicoquímicas (viscosidad, punto de inflamabilidad y calor de combustión) para garantizar que el producto obtenido es un biodiesel de buena calidad.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Abularach, E., & Amurrio, D. (2010). Obtención de biodiesel a partir de aceite desechado de frituras. *Acta Nova*, 4(4), 514-534.

Arias-Tamayo, C. (2012). Obtención de biodiesel a partir de aceites comestibles vegetales usados (acvus), como una alternativa para el reciclaje de material de desecho altamente contaminante para el medioambiente (Tesis de licenciatura). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Ambato, Ecuador.

Barros, X. (2015). Obtención de biodiesel a partir de aceite de cocina usado de la ENM (Tesis de licenciatura). Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar.

Baudino, F. D. T. (2006). *Reacciones en contexto: la*

- transesterificación en la producción de biodiesel a partir de aceite de fritura usado. In *Anales de la Real Sociedad Española de Química* (No. 3, pp. 43-49). Real Sociedad Española de Química.
- Demirbas, A. (2008). Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels. *Fuel*, 87(8-9), 1743-1748.
- Demirbas, A. (2009). Progress and recent trends in biodiesel fuels. *Energy conversion and management*, 50(1), 14-34.
- García, M., Gandón, J., & Maqueira, Y. (2013). Estudio de la obtención de biodiesel a partir de aceite comestible usado. *Tecnología Química*, 33(2), 162-169.
- Garrido, S. (2010). Tecnología, territorio y sociedad. Producción de biodiesel a partir de aceites usados. *Revista de Ciencias Sociales*, 37, 75-86.
- Lobo, B., Klimeck, C., Andrezza, K., & Shamil, K. (2016). Optimization for producing biodiesel from ethanol and waste frying oil with a high concentration of ester. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (79), 185-191.
- López, L., Bocanegra, J., & Malagón-Romero, D. (2015). Obtención de biodiesel por transesterificación de aceite de cocina usado. *Ingeniería y Universidad*, 19(1), 7-24.
- Ojiego, O., Onyia, C., & Abdulraman, W. (2014). Production of biodiesel from used vegetable oil. *Global Journal of Biology, Agriculture and Health Sciences*, 3(1), 274-277.
- Ordoñez, B. M., Moreno, L. C. C., Pérez, W. R., Murcia, M. A., & Alvarado, E. R. (2013). Caracterización de biodiesel obtenido de aceite residual de cocina. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 15(1), 61-70.
- Rashid, U., & Anwar, F. (2008). Production of biodiesel through optimized alkaline-catalyzed transesterification of rapeseed oil. *Fuel*, 87(3), 265-273.
- REN21. (2019). *Renewables 2019 Global Status Report*. Paris, Francia.
- Ríos, I., Santos, J., & Gutiérrez, C. (2017). Biocombustibles sólidos: una solución al calentamiento global. *Ciencia*, 68(4), 1-17.
- Silitonga, S., Masjuki, H., Mahlia, I., Ong, C., Atabani, E., & Chong, T. (2013). A global comparative review of biodiesel production from jatropha

curcas using different homogeneous acid and alkaline catalysts: Study of physical and chemical properties. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 514-533.

Tacias, G., Rosales, A., & Torrestiana, B. (2016). Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 32(3), 303-313.

Tequén-Arroyo, Y. E. (2017). Calidad de Biodiesel a partir del porcentaje de ácidos grasos libres de aceite usado (Tesis de licenciatura). Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Chiclayo, Perú.

Yaakob, Z., Mohammad, M., Alherbawi, M., Alam, Z., & Sopian, K. (2013). Overview of the production of biodiesel from waste cooking oil. *Renewable and sustainable energy reviews*, 18, 184-193.