

Biogeneración de energía sustentable utilizando residuos de aceite usado de cocina

BAUTISTA-VARGAS, María Esther *†, PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, GARCÍA-NAVARRO, Josefina y HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán

Universidad Politécnica de Altamira

Recibido Febrero 15, 2017; Aceptado Agosto 29, 2017

Resumen

El objetivo de esta investigación es el desarrollo de un sistema de biogeneración de energía sustentable, a partir del residuo de aceite usado de cocina (RAUC). Para ello se realizaron las siguientes etapas: 1) Identificar en la zona de estudio y los puntos de recolección. 2) Diseño un proceso de recolección y acopio del residuo de aceite usado de cocina doméstico. 3) Identificar las características físico-químicas del residuo. 4) Realizar la conversión de biomasa a biocombustible (proceso de transesterificación). 5) Análisis de los resultados obtenidos. Se determinó un estimado de generación de 6.2 millones de litros/año de RAUC en la zona de estudio, se estandarizaron las muestras determinando un punto de acidez promedio de 0.6; obteniendo entre un 95 a 99% de biodiesel del volumen procesado. Se logra plantear la necesidad de un proceso de gestión para este tipo de residuo, además de ser un nicho de oportunidad económica para la zona. Una de las perspectivas de la investigación es poder determinar las características más eficientes del biodiesel generado. Se espera poder establecer bases para propuestas de un programa de manejo de dicho residuo y su utilización para la biogeneración de energía sustentable mitigando sus impactos negativos.

Biodiesel, Biocombustible, Energía sustentable, RAUC

Abstract

The objective of this research is the development of a bioenergy system of sustainable energy, from the residue of used cooking oil (RAUC). To do this, the following steps were performed: 1) Identify in the study area and collection points. 2) Design a process of collecting and collecting the waste of used cooking oil. 3) Identify the physical and chemical characteristics of the waste. 4) Perform the conversion of biomass to biofuel (transesterification process). 5) Analysis of the results obtained. An estimated generation of 6.2 million liters / year of RAUC was determined in the study area, the samples were standardized by determining an average acid point of 0.6; Obtaining between 95 to 99% of biodiesel of the processed volume. It is possible to raise the need for a management process for this type of waste, besides being a niche of economic opportunity for the area. One of the perspectives of the research is to be able to determine the most efficient characteristics of the biodiesel generated. It is hoped to be able to establish bases for proposals of a program of management of this waste and its use for the biogeneration of sustainable energy mitigating its negative impacts.

Biodiesel, Biofuel, Sustainable Energy, RAUC

Citación: BAUTISTA-VARGAS, María Esther, PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, GARCÍA-NAVARRO, Josefina y HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán. Biogeneración de energía sustentable utilizando residuos de aceite usado de cocina. Revista de Tecnología e Innovación 2017, 4-12: 9-16.

* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: esther.bautista@upalt.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las energías renovables han tomado impulso a nivel nacional. El Estado de Tamaulipas, es una de las entidades con mayor potencial de generación de energía sustentable en el país. La generación de electricidad, en el 2009, por hidroeléctricas fue de 26,445 GWh a nivel nacional. De la cual, Tamaulipas generó 100 GWh, que representaron el 0.378 por ciento nacional. En el 2014, se desarrollaron 26 proyectos con una capacidad de generación de 2,565.95 MW en energía eólica. Además, el Estado tiene un potencial promedio de generación de 4.8 KWh por metro cuadrado de radiación solar (SENER, 2016).

Otras fuentes de generación es la bioenergía, a través de la producción de biomasa (leña, carbón vegetal, bagazo de caña), lo cual tiene una tendencia de una tasa promedio de crecimiento anual del 0.327 en el periodo 1993 a 2013. Con la producción de sorgo y caña son los potenciales para la producción de biocombustibles, lo cual se tiene un estimado de 200 millones de litros anuales de biocombustibles (SENER, 2016).

Siendo un país donde su potencial energético es derivado de los hidrocarburos, el cual ha incrementado la economía nacional; sin embargo, también ha impactado de manera negativa al ambiente. Lo cual, es necesario la introducción alternativas energéticas como los biocombustibles ya que se están desarrollando dentro del contexto internacional (González y Castañeda, 2011).

La sustitución de combustibles derivados del petróleo por biocombustibles, ha logrado una reducción en las emisiones de CO₂, generada por fuentes móviles. Lo cual puede significar la utilización de biocombustibles como alternativa (Cortés *et al.*, 2009).

La obtención de energía a partir de la biomasa, se le conoce como bioenergía. Entre ellos se encuentran los biocombustibles o agrocombustibles, cuya finalidad es el convertirse en un combustible alternativo (Cortés *et al.*, 2009). Dicho biocombustible, se realiza a partir de una reacción química de transesterificación entre un aceite vegetal y un alcohol (Buesa y Romano, 2009).

El tipo de aceite vegetal puede ser nuevo o usado, así como comestible o no. La reutilización de aceites usados en la cocina, es una alternativa de generar una energía sustentable, y además mitigar la contaminación que este desecho genera en suelo, aire y agua; en su mayoría de estos Residuos de Aceite Usados de Cocina (RAUC) se vierten directamente en cuerpos de agua teniendo un estimado de contaminación de un litro de RAUC contamina aproximadamente un millón de litros de agua (Abad *et al.*, 2014; Lugo *et al.*, 2014; Bautista-Vargas *et al.*, 2017).

Por otro lado existe un grave problema de contaminación al aire son por las emisiones de gases de combustión, ocasionado el fenómeno de calentamiento global, lo cual es una consecuencia directa del efecto invernadero (Lugo *et al.*, 2014).

De acuerdo con lo anterior, existe la oportunidad de mitigar la contaminación producida por los motores de combustión; además del producido por los RAUC. Dicha alternativa es el biodiesel que, siendo un biocombustible, comparándolo con el diésel ejerce un menor efecto contaminante, ya que entre sus propiedades posee un menor número de átomos de carbono por molécula (son compuestos oxigenados) y no contiene azufre, por lo tanto no generan gases de efecto invernadero (Benavides *et al.*, 2007; García *et al.*, 2012; Lugo *et al.*, 2014).

El biodiesel es un biocombustible de tercera generación, un éster de un ácido graso de cadena larga derivado de aceites vegetales o de grasas animales que se utiliza en motores de ignición por compresión, llamados Diésel (Franco, 2013; Bautista-Vargas *et al.*, 2017). Es por ello, la necesidad de generar combustibles alternativos y desarrollar sistemas de biogeneración de energía sustentable, a partir de un residuo reutilizándolo para la mitigación de dos problemáticas ambientales, dando pauta a la formulación de las bases de una gestión del residuo y de políticas públicas para el uso de biocombustibles.

Metodología

La biogeneración de energía sustentable a partir de Residuos de Aceite Usado de Cocina (RAUC) se desarrolló con el fin de tener una alternativa de reutilizar un residuo contaminante, mitigar las emisiones con un biocombustible y ver la factibilidad del mismo en la zona de estudio. El desarrollo de la presente investigación se divide en cinco etapas.

La primera etapa, es el identificar en la zona de estudio, para ello se llevó a cabo un diagnóstico de los programas de gestión de residuos, en específico los RAUC; lo cual se concentraron con los directores de ecología de cada municipio.

En la segunda etapa, se diseñó una recolección y acopio del RAUC. En esta investigación no se consideraron los comercios, solo los domesticos; con el fin de tener las muestras para la experimentación.

Como tercera etapa, se identificaron de las características físico-químicas del residuo.

En la cuarta etapa, se realizó la conversión de biomasa a biocombustible (proceso de transesterificación) (Bautista-Vargas *et al.*, 2016). Y por último, la quinta etapa, es el análisis de los resultados obtenidos.

Resultados

Primera etapa: Zona de estudio.

La zona de estudio fueron los municipios de Tampico, Madero y Altamira. La cual se le conoce como Zona Conurbada del Sur de Tamaulipas (ZCST). Dicha zona cuenta con una superficie total de 1,492.70 km². La zona de estudio tiene un desarrollo económico potencial (PMOT, 2011).

En la Figura 1, se puede observar la hidrografía de la zona de estudio, donde se presentan los cuerpos de agua. De acuerdo al crecimiento poblacional, presentan problemáticas de contaminación de suelo y cuerpos de agua por residuos domésticos.

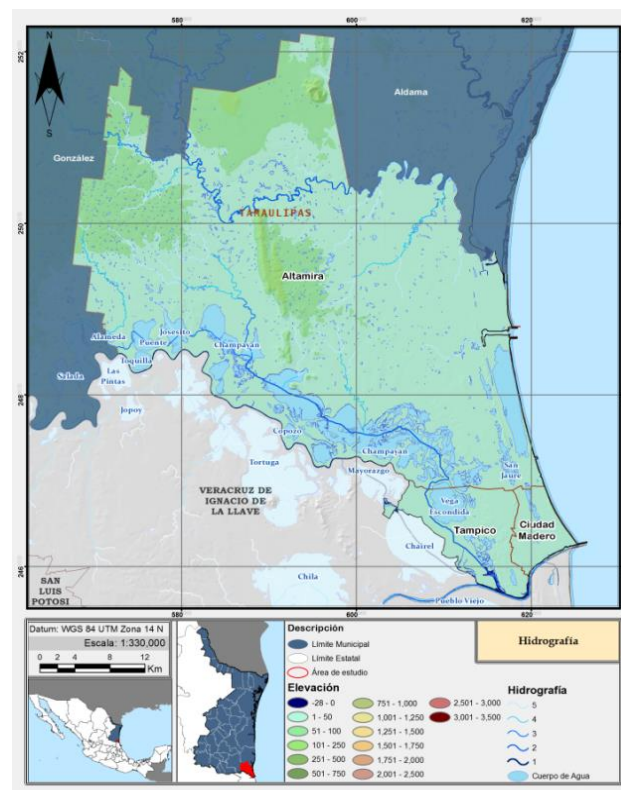


Figura 1 Hidrografía de la Zona de estudio

Fuente: Elaboración propia

Analizando las acciones de la zona de estudio, no existe empresa que recolecte el RAUC. El Municipio de Tampico, cuenta con un programa y centros de acopio, donde la población puede llevar su RAUC, entre otros tipos de residuos. Dicha información fue otorgada por el Director de Ecología y Medio Ambiente, el Cap. Carlos de Jesús Paniagua Arías (Figura 2). Sin embargo, dicho programa no cuenta con la suficiente difusión, ni con la gestión correcta del RAUC.



Figura 2 Director de Ecología municipal de Tampico y alumnos de la Universidad Politécnica de Altamira
Fuente: Elaboración propia

Segunda etapa: Diseño de recolección y acopio

Existen dos clasificaciones de RAUC los domésticos y los de establecimientos de comida o comerciales. En la presente investigación se seleccionaron los RAUC domésticos.

Para el desarrollo experimental, se diseñó un programa de recolección y acopio, con los alumnos de Ingeniería en Energía de la Universidad Politécnica de Altamira. Los cuales traían de sus casas frascos el RAUC que desechaban (Figura 3).

Tercera etapa: Características físico-químicas del RAUC

Para poder tener una muestra confiable, se estandarizo el residuo de aceite acopiado. El cual presentaba sólidos suspendidos y tonalidades oscuras. Por lo cual se fabricó un equipo para su filtración.



Figura 3 Frasco con RAUC
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4, se muestra el dispositivo para llevar a cabo el proceso de filtración, el cual minimiza los restos de comida que se pudieran encontrar. Dicho dispositivo, fue construido con un tanque de un galón, mangueras transparentes y un filtro de gasolina que se utiliza en automóviles.



Figura 4 Proceso de Filtración del RAUC
Fuente: Elaboración propia

Para verificar los resultados de la filtración se determinaron los parámetros físico – químicos antes del filtrado y después del filtrado. Dichos parámetros fueron el grado de acidez (pH). Cuya escala es logarítmica va del 0 a 14. La Turbidez, según la OMS (Organización Mundial para la Salud), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 2 NTU (Unidades Nefelométrías de Turbidez), y estará idealmente por debajo de 1 NTU, ya que es un parámetro determinante en muchas aplicaciones. Otros parámetros subjetivos fueron el color y el olor de la muestra.

En la Tabla 1, se muestran los resultados de la muestra antes del filtrado y después del filtrado, donde se logro obtener una diferencia en cuanto a valores iniciales que presentó la muestra.

Parámetros	Antes del filtrado	del	Después del filtrado	del
pH	5		6	
Turbidez	1.8 NTU		1.05 NTU	
Olor	Quemado		Claro	
Color	Rojo oscuro		Rojo más Claro	

Tabla 1 Resultados de los parámetros de la muestra.

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la Figura 5, los RAUC antes y después de la filtración, el que tiene un color más claro es el que se obtuvo después de la filtración.



Figura 5 Muestras antes y después del filtrado

Fuente: Elaboración propia

Cuarta etapa: Biogeneración de energía, obtención de biodiesel

Para la obtención del biodiesel se llevó a cabo el proceso de transesterificación, el cual se realiza en tres pasos:

Paso 1: Determinación de acidez del aceite ya filtrado

Se disolvieron 30 ml de aceite de cocina usado en 300 ml de alcohol isopropílico a baño maría por 15 minutos, para obtener 3 muestras de 110 ml cada una, a las que se les agrego 5 gotas de fenolftaleína por igual. Dichas muestras se titularon con Hidróxido de Sodio (NaOH) al 1%. Los mililitros utilizados para cada muestra se promedian para calcular los gramos de catalizador a utilizar para un litro de aceite usado a procesar. La acidez promedio que se obtuvo fue de 0.6, por lo que para cada litro de aceite usado de cocina a procesar se utilizaron 4.1 gr de catalizador, dicho catalizar fue el Hidróxido de Potasio (KOH). Dicho catalizador presenta ciertas ventajas como el remanente del proceso que es glicerina, mucho menos tóxica que cuando se utiliza el NaOH (Abad *et al.*, 2014).

Paso 2: Preparación de metoxido

Utilizando el 12% del volumen de aceite a procesar en metanol. Se procesan un promedio de 4 litros de aceite de cocina usado, por lo que se utilizan 480 ml de metanol y 16.4 gr de KOH, los cuales se disuelven calentando a reflujo y agitación constante por 10 minutos para obtener el metoxido.

Paso 3: Transesterificación en el Procesador Ultrasónico

Para llevar a cabo este proceso se utilizó un Procesador Ultrasónico.

La característica principal de dicho equipo son las vibraciones sónicas, las cuales desarrollan la integración y separación de las sustancias para la obtención de biodiesel. (Figura 6).

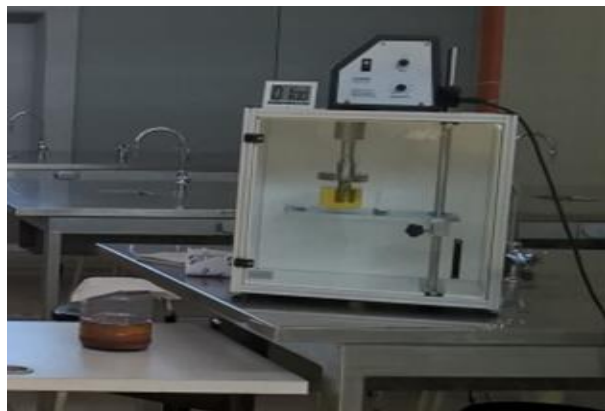


Figura 6 Procesador Ultrasónico
Fuente: *Elaboración propia.*

Para ello, se prepararon 60 muestras con 100 ml de aceite de cocina usado y 12 ml de metóxido cada una las cuales se calientan a 40 °C antes de introducir las unas por una al procesador ultrasónico, las cuales se procesaron a 5, 10, 15 y 20 segundos en amplitudes del 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100% respectivamente y a un ciclo en todos los casos (Figura 7). Después de procesarse, cada muestra es vaciada a probetas de 100 ml, donde se dejan reposar por 24 horas.



Figura 7 Proceso de transesterificación
Fuente: *Elaboración propia*

Se nota que la reacción de transesterificación no se completa, a amplitudes menores de 40% por lo que se procede a realizar desde la titulación hasta la preparación de muestras con otros 4 litros de aceite de cocina usado, los que procesa nuevamente pero en los rangos de 50 a 100% de amplitud en tiempos de 10 a 60 segundos, en intervalos de 10 en cada caso. Después de dejarlo reposar 24 horas se observa en las probetas dos capas, la glicerina abajo y el biodiesel arriba, las cuales son separadas y el biodiesel sometido a un lavado con agua destilada.



Figura 8 Biodiesel y glicerina
Fuente: *Elaboración propia*

Quinta etapa: Análisis de los resultados

De acuerdo al diagnóstico de la zona de estudio y por datos de la Asociación Nacional de Industriales de Aceites y Mantecas Comestibles (2015) cada mexicano en promedio consume 10 litros de aceite al año y se estima que dependiendo de tipo de alimento, la comida absorbe solo entre el 15 y 35% del aceite, lo demás es desechado (PROFECO, 2015).

Teniendo 0.74 millones de habitantes la ZCST. Bajo esta problemática se procedió a estimar la generación del RAUC en la zona de estudio. Se determinó un estimado de generación de 6.2 millones de litros/año de RAUC en la zona de estudio.

Observando que la reutilización de este residuo, es viable para la biogeneración de energía sustentable por lo cual se llevó a cabo la recolección y acopio de muestras. Aproximadamente se acopiaron 61.25 litros de RAUC, lo cual sirvió para la experimentación de obtención de biodiesel. Se le tomaron parámetros físico – químicos para estandarizar una muestra confiable.

Del RAUC procesado, se obtuvo un punto de acidez promedio de 0.6; lo cual generó entre un 95 a 99% de biodiesel del volumen procesado. Lo anterior demuestra la factibilidad de obtención de biodiesel a partir del RAUC. Así como, la oportunidad de obtener una alternativa de energía menos contaminante.

Agradecimiento

Se agradece al CONACYT y COTACYT por el apoyo con el equipo experimental que se utilizó en esta investigación. De igual manera se agradece las facilidades prestadas en el Almacén y el Laboratorio de Energía Renovable del Programa de Ingeniería en Energía de la Universidad Politécnica de Altamira.

Conclusiones

Se puede concluir que hacen falta más estudios acerca de la factibilidad de utilizar un residuo como biogenerador de energía sustentable. En la zona de estudio, se cuenta solo con ciertas acciones para el manejo de los residuos, especialmente los RAUC. Lo cual genera un potencial económico que se puede utilizar a beneficio de la zona.

Con la experimentación que se realizó se obtuvo biodiesel, los inconvenientes que se enfrentaron, es la falta de recursos para llevar a cabo la caracterización del bioenergética.

Se logra plantear la insuficiencia del proceso de gestión para este tipo de residuo, y la generación anual en la zona, la cual ya está impactando en los cuerpos de agua debido a que es típico que se deseche en las tarjas domésticas, lo cual provoca taponamiento en el sistema de alcantarillado.

Una de las perspectivas de la investigación, es poder determinar las características más eficientes del biodiesel generado. Se espera poder establecer bases para propuestas de un programa de manejo de dicho residuo y su utilización para la biogeneración de energía sustentable mitigando sus impactos negativos.

Referencias

Abad Medina, E.; Acosta Palacios, A.; Burgos Arrascue, A.; Cristantino Palacios, B.; Eyzaguirre Yañez, J. y Rivera Lopez, J. (2014). Análisis y Diseño de un Sistema de Recolección y Tratamiento de Aceites Domésticos Usados para la Producción de Biodiesel en la Ciudad de Piura y Castilla. Universidad de Piura. Ingeniería. Ingeniería Industrial y de Sistemas. Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Proyectos. Piura, España, 104 pp. Dirección de internet: <http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/1713>.

Bautista-Vargas, M. E.; García-Navarro, J.; Pérez-Bravo, S. G. y Torres-Moreno, R. (2017) Optimización del Proceso de Transesterificación en Procesador Ultrasónico. *Revista de la Alta Tecnología y la Sociedad*. Vol. 9. No. 3, pp. 23-30.

Bautista-Vargas, María, García-Navarro, Josefina, Cabrera-Cruz, René y Torres-Moreno, Ruth. (2016). Proceso sustentable de obtención de biodiesel. *Revista de Sistemas Experimentales*. Vol. 3 No. 8, pp 27-35.

Benavides, A.; Benjumea, P. y Pashova, V. (2007). El biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo para motores diésel. *Dyna*. No. 153, pp 141-150.

Buesa Pueyo, I. y Romano, S. D. (2009) Correlación entre punto de inflamación y contenido de metanol en biodiesel. *Memorias Tercer congreso Nacional - Segundo Congreso Iberoamericano Hidrógeno y Fuentes Sustentables de Energía- HYFUSEN*. pp. 12-48.

Cortés M., E.; Suarez M., H. y Pardo C., S. (2009) Biocombustibles y Autosuficiencia Energética. *Dyna*. No.158, pp. 101-110.

Franco M. (2013). Simulación del proceso de producción de biodiesel a partir de aceites vegetales en condiciones súper-criticas. *Tesis de Maestría*. Universidad de Politécnica de Cataluña. Barcelona, España, 79 pp.

García Sánchez, E. G.; Alfaro López, Y. A. y Ruiz Ortega, M. E. (2012). Estudio de prefactibilidad para la generación de biodiesel a partir de aceite quemado en el restaurante Tip Top, Estelí, Nicaragua. *Tesis de Licenciatura*. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la Industria. Managua, Nicaragua.

González, Arcelia y Castañeda, Yolanda (2011). Biocombustibles. Estados Unidos, su estrategia hegemónica competitiva y la influencia en la política energética de México. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente*. Vol. 11, No. 21, pp. 15-37.

Lugo, M. L.; Bergolla, D. y Rodríguez, K. (2014). Producción de Biodiesel a partir de la Transesterificación de Aceites Vegetales

Residuales con KOH como catalizador. *Scientific Journal from the Experimental*. Faculty of Sciences at the Universidad de Zulia Maracaibo, Venezuela *CIENCIA*. Vol. 22, No. 2, pp. 121 – 128.

OMS (2017). Turbidez del agua. Organización Mundial de la Salud [en línea] <http://www.who.int/es/>

PMOT. (2011). Programa Metropolitano de Ordenamiento Territorial de Altamira - Ciudad Madero – Tampico. Disponible en: http://www.imeplansurdetamaulipas.gob.mx/POT_Metropolitano.htm. Recuperado 20 mayo del 2016.

Reoil México. (2009). Qué es el RAUC? Reoil México, Recolección de RAUC y Producción de Biodiesel. Dirección de Internet: <http://www.reoil.net/rauc.html>

SENER (2016). Tamaulipas Energía que mueve a México. Agenda Energética. Secretaría de Energía Gobierno de Tamaulipas. 2012-2016. [En línea] <http://indicadorpolitico.mx/images/pdfs/tamaulipas-agenda-energetica.pdf>

Xu, H.; Miao, X. y Wu, Q. (2006). High quality biodiesel production from a microalga *Chlorella protothecoides* by heterotrophic growth in fermenters. *Journal of biotechnology*. Vol. 126 No. 4, pp 499-507