

Producción híbrida de biodiesel solar con aceite vegetal usado en un concentrador cilíndrico parabólico

PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva †*, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y SÁNCHEZ –BENAVIDES, Carlos Osvaldo

Universidad Politécnica De Altamira

Recibido Enero 07, 2018; Aceptado Junio 13, 2017

Resumen

En el mundo actual con la creciente demanda energética es necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de energía, a un bajo costo. La energía solar en sus diversas formas de captación es una alternativa, así como la biomasa. El objetivo de la presente investigación es la producción del biodiésel por medio de un sistema híbrido que lleva consigo un beneficio ambiental y económico. Para ello, se utiliza un aceite vegetal usado de coste nulo, sometiéndose a transesterificación con catalizador alcalino KOH y el 15% V/V de metanol; se utilizó un concentrador solar para dar la energía necesaria a la conversión, concentrándose en el reactor como punto focal, la transferencia de masa es realizada por los cambios en la densidad de las materias primas dentro del reactor cerrado, el tiempo de reacción fue de 3 horas, monitoreando las temperaturas máximas alcanzadas por el sistema, obteniéndose un rendimiento volumétrico del 90% de biodiésel, con una densidad de 0.890 gr/cm³. Este tipo de procedimiento beneficia, haciendo más sustentable el proceso de obtención de un biocombustible, a partir de un residuo, evitando la contaminación de aguas.

Biodiésel solar, biomasa, Transesterificación, sustentable

Abstract

In today's world with increasing energy demand is necessary to search for new sources of energy, at a low cost, solar energy in its various forms of capture is an alternative, as well as biomass. The production of the solar biodiesel is the combination of both and carries with it an environmental and economic benefit, a used vegetable oil of zero cost is used avoiding the contamination of waters, undergoing transesterification with alkaline KOH catalyst and 15% V / V of methanol, the energy required for the conversion is provided by the radiant energy of the sun, concentrating on the reactor as a focal point, mass transfer is carried out by changes in the density of the raw materials inside the closed reactor, the reaction time was 3 hours, monitoring the maximum temperatures reached by the system, obtaining a volumetric yield of 90% of biodiesel, with a density of 0.890 gr / cm³. This type of procedure benefits by making the process of obtaining a biofuel more sustainable, from a waste, avoiding the contamination of water.

Solar biodiesel, biomass, transesterification, sustainable

Citación: PÉREZ-BRAVO, Sheila Genoveva, BAUTISTA-VARGAS, María Esther, HERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Adán y SÁNCHEZ –BENAVIDES, Carlos Osvaldo. Producción híbrida de biodiesel solar con aceite vegetal usado en un concentrador cilíndrico parabólico. Revista de Tecnología e Innovación 2017, 4-11: 43-50.

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: zamoraju@hotmail.com)

†Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

México es uno de los países atrasados en la implementación de alternativas bioenergéticas en materia de combustibles para autotransporte, la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos es promulgada en 2008, tiene por objeto la promoción y desarrollo de los bioenergéticos con el fin de coadyuvar la diversificación energética y el desarrollo sustentable, establece las bases para: promover la producción de insumos para bioenergéticos, desarrollar la producción, comercialización y uso de los bioenergéticos, promover en términos de la ley de planeación, el desarrollo rural, procurar la reducción de emisiones de contaminantes a la atmósfera y gases de efecto invernadero, coordinar acciones entre los Gobiernos, Federal, Estatales, Distrito Federal y Municipales para el desarrollo de los bioenergéticos. (DOF, 2008), cuando USA y Brasil son líderes en materia de bioenergéticos desde los años 70's (González y Castañeda, 2011).

México cuenta con una infraestructura tecnológica para el procesamiento de las semillas oleaginosas; sin embargo, depende de la importación de estas para la producción de aceites, principalmente maíz, soya, algodón y cártamo. Estados Unidos es el principal proveedor de granos de maíz, y el mayor destino de los aceites vegetales mexicanos registrando en 2014 un 60% de las ventas externas, seguido de la India con 9.2%, Alemania con un 6%, entre otros con porcentajes menores. En 2014, el aceite de Palma fue el más importado por México con un 44.42% (IICA, 2010).

La bioenergía, se refiere a la energía obtenida de la biomasa (González *et al.*, 2011), la cual es la fracción biodegradable de productos o residuos de origen animal, vegetal o industrial.

El biodiesel, es un bioenergético, se obtiene de los aceites vegetales nuevos o usados de semillas oleaginosas tales como la colza - canola, higuierilla – ricino, soja, jatropha – piñón, girasol y topinambur.

Es conocido por sus siglas en inglés FAME (Fatty Acid Methyl Ester) cuando es producido por la reacción de los triglicéridos con alcohol en presencia de un catalizador, generando como subproducto la glicerina, este procedimiento se denomina transesterificación. Los catalizadores más utilizados en el proceso de transesterificación son el hidróxido de sodio (NaOH) e hidróxido de potasio (KOH), alcanzan conversiones hasta del 98% (Riveros y Molano, 2006). La humedad, es un factor de riesgo en el proceso de transesterificación, ya que puede realizarse la saponificación de los triglicéridos produciéndose jabón y glicerina, si se utiliza la catálisis heterogénea con NaOH o KOH.

El biodiesel es el sustituto idóneo del diesel por sus características fisicoquímicas, una respuesta inmediata a la crisis energética mundial y precios al alza de hidrocarburos, así como la necesidad de proteger al ambiente. Una alternativa al desarrollo sostenible es el uso de aceites vegetales usados para la producción de biodiésel, ayudando a disminuir los factores exógenos que contribuyen a la contaminación.

El aceite vegetal usado (AVU) es un residuo que contamina recursos hídricos, un litro de AVU contamina 10 000 litros de agua (Echavarría, 2012). Su uso como materia prima en la producción de biodiesel, reduciría los costos del producto final. La producción de biodiésel solar a partir de AVU contribuye a garantizar la seguridad alimentaria, disminuir contaminación hídrica, emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y emisiones contaminantes, además de ser una alternativa para la reducción de la dependencia energética.

La meta es hacerlo de calidad y competitivo económicamente, en comparación con el diésel de petróleo. El uso del potencial solar existente en México permitirá reducir los costos energéticos necesarios en la etapa de producción.

La fuente de energía radiante es el sol, el cual proporciona energía electromagnética en distintas longitudes de onda a la tierra, impactando de manera directa, difusa y reflejada, fuente considerada inagotable y no contaminante, de ahí parte el interés de utilizarla como alternativa al abastecimiento energético de la sociedad, se han realizado mapas solares desde 1975 hasta la actualidad por diferentes métodos, cada uno con diferente metodología y grado de exactitud (Estrada, 2008).

En el caso particular de la zona Altamira, se muestran los datos referenciados en la tabla 1, donde observamos la temperatura mínima de 14°C en el mes de enero y la máxima 39.9°C en el mes de agosto.

Las formas de aprovechamiento del recurso solar son la captación fotovoltaica y térmica de baja, media y alta temperatura, para la conversión directa a energía eléctrica o térmica utilizable directa o bien en centrales termosolares para generación de energía eléctrica.

Los colectores solares cilíndrico-parabólicos son clasificados como colectores solares de alta temperatura, de concentración puntual en el foco de la parábola, estimándose que alcanzan una temperatura superior a 500°C, el material de fabricación del CCP es el factor determinante para la reflexión al punto focal.

Mes	Radiación Global Diaria Promedio kWh/m ² .día	Tmin °C	Tmax °C	Tprom °C
Enero	3.538	14	18.43	18.46
Febrero	4.317	15.21	24.31	19.73
Marzo	5.201	17.3	26.19	21.7
Abril	6.318	20.19	28.79	24.48
Mayo	6.782	22.59	31	26.79
Junio	6.561	23.54	31.61	27.54
Julio	6.268	23.31	31.63	27.43
Agosto	6.241	23.5	31.9	27.7
Septiembre	5.393	22.8	31.09	26.9
Octubre	4.477	20.99	29.7	25.3
Noviembre	3.853	17.51	26.31	21.91
Diciembre	3.327	14.79	23	19.3

Tabla 1 Energía Solar en Tamaulipas

Fuente: http://qgiscloud.com/solartronic/radiacion_solar

Metodología

Previo al proceso de transesterificación solar de la biomasa residual (AVU), se realiza un pretratamiento al aceite, determinación de la acidez, determinación de reactivos y transesterificación.

Pretratamiento del AVU

El AVU se hace fluir por un dispositivo filtrante con retención de partículas de 8 micras, posteriormente es sometido a calentamiento hasta alcanzar los 100°C, manteniéndose constante la temperatura mientras se evapora el agua contenida en el AVU.

Determinación de acidez

En el AVU se encuentra una mayor cantidad de ácidos grasos libres, se requiere una valorización de ellos, previo al proceso de transesterificación, suele hacerse mediante titulación ácido base con NaOH al 0.1% e indicador fenolftaleína, se miden los mililitros necesarios para alcanzar un pH entre 8-9.

El volumen gastado indica la cantidad excedente de catalizador necesaria para el proceso de transesterificación con catalizador alcalino homogéneo, para un litro de aceite nuevo se requieren 3.5 gr de catalizador, la suma de los 3.5 gr y el excedente necesario será la cantidad necesaria para el proceso de transesterificación y neutralización de los ácidos grasos libres (Calero, 2007).

Al realizar la determinación de acidez del AVU a transesterificar, se determinó una acidez de 0.93, este resultado implica que deben utilizarse 4.43 gr de KOH / L de AVU.

Determinación de reactivos

Para la obtención de los FAME, se requiere un alcohol y un catalizador, dependiendo del reactivo seleccionado el proceso se conoce como metanolisis o etanolisis (Rodríguez 2008). Dependiendo del catalizador utilizado, se denomina catálisis ácida, básica o enzimática. (Cifuentes, 2010)

Las cantidades específicas de los reactivos varían acorde a cada investigador, en experimentos realizados con metanol y KOH se encontró que los mejores rendimientos se obtienen realizando la transesterificación en un rango de 60-65°C, no observándose variación a una temperatura superior, una óptima relación molar metanol/aceite de 6 y una concentración del 0.5-2% de catalizador. (Luz y Kaiser 2014).

En otros experimentos se ha realizado la técnica sin utilizar una relación molar, solo un volumen del 25% de metanol con respecto al volumen de aceite a tratar a una temperatura de 60°C, con agitación continua, durante 1 h, con catalizador NaOH.

Las investigaciones antes mencionadas fueron realizadas en aceites vegetales puros, sin usar previamente. Debido a la naturaleza diversa de nuestra materia prima, se decidió estandarizar el proceso y utilizar un 20% V/V de metanol anhidro marca Analytica, con el catalizador previamente calculado.

Transesterificación

Se ensayaron muestras de 100 ml de AVU, 0.443 gr de KOH y 20 ml de metanol, vertidas en un matraz Erlenmeyer de 250 ml tapado con un tapón horadado y un termómetro; dicho matraz es colocado en el punto focal de un concentrador cilíndrico parabólico fabricado de aluminio, en una zona expuesta a la radiación solar durante 3 horas, proporcionándole la energía necesaria para la reacción (Figura 1).

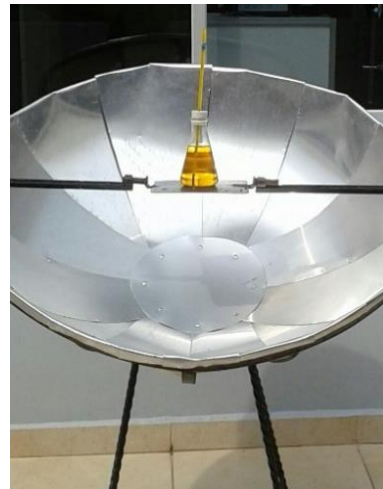


Figura 1 Transesterificación

Fuente: Propia

En la Figura 2, se observa que, durante el transcurso de la exposición a la radiación solar, se realiza la transferencia de masa provocada por el incremento de temperatura, y la deposición de la glicerina.



Figura 2 Transferencia de masa
Fuente: Elaboracion Propia.

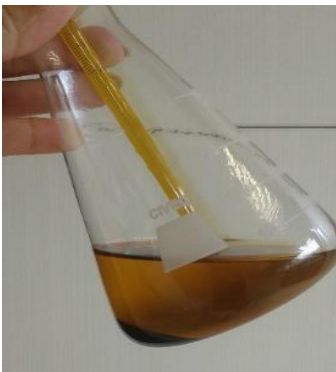


Figura 3 Reacción finalizada
Fuente: Elaboracion Propia

Al término del tiempo de exposición a la energía radiante, se observan la separación de fases, biodiesel y glicerina, las cuales observamos en la figura 3.

La disponibilidad del equipo de laboratorio, sólo nos permite medir la densidad, siendo esta 0.890 gr/cm^3 , encontrándose dentro del rango aceptable.

Resultados

En la Tabla 2, se muestran los datos recolectados durante los ensayos realizados en el mes de abril; se determinó el incremento de temperatura en cada muestra, el rendimiento volumétrico y el registro de las pérdidas por volatilidad.

E	T ₁	T ₂	ΔT	Biodiésel	Glicerina	Rendimiento	Perdidas por volatilidad
E1	29	52	23	104	8	90.435	3
E2	28	62	34	105	8	91.304	2
E3	27	67	40	104.5	8.3	90.870	2.2
E4	28	60	32	105	8	91.304	2
E5	28	55	27	103	8.3	89.565	3.7
E6	28	34	6	103.5	7.5	90.000	4
E7	30	60	30	103	7.5	89.565	4.5
E8	28	54	26	106	8.5	92.174	0.5
E9	29	56	27	103	8.6	89.565	3.4
E10	29	60	31	105	8.5	91.304	1.5
E11	29	55	26	101.5	9.5	88.261	4
E12	29	59	30	104	7.5	90.435	3.5
E13	29	60	31	105	7.5	91.304	2.5
E14	29	51	22	103	8	89.565	4
E15	29	50	21	105	8	91.304	2
E16	28	47	19	106	8	92.174	1
E17	29	57	28	105	8	91.304	2
E18	30	59	29	106	9	92.174	0
E19	30	54	24	106	7.8	92.174	1.2
E20	29	54	25	105	7.9	91.304	2.1
E21	29	51	22	103	8	89.565	4
E22	29	50	21	105	8	91.304	2
E23	28	47	19	106	8	92.174	1
E24	29	57	28	105	8	91.304	2
E25	30	59	29	106	9	92.174	0
E26	30	54	24	106	7.8	92.174	1.2
E27	29	59	30	105	7.9	91.304	2.1

Tabla 2 Registro de datos
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3, se muestra el análisis de datos realizado en el software Minitab 18. En los datos se muestran, donde localizar los valores mínimos, máximos y medias de las variables registradas.

Variable	Media	MediaRec	Desv.Est.	Mínimo	Máximo	Rango
T1	28.852	28.880	0.770	27.000	30.000	3.000
T2	54.93	55.28	6.29	34.00	67.00	33.00
ΔT	26.07	26.32	6.26	6.00	40.00	34.00
Biodiesel	104.61	104.68	1.24	101.50	106.00	4.50
Glicerina	8.1148	8.0840	0.4817	7.5000	9.5000	2.0000
Rendimiento	90.966	91.026	1.074	88.261	92.174	3.913
Perdidas por volatilidad	2.274	2.276	1.277	0.000	4.500	4.500

Tabla 3 Estadísticas descriptivas
Elaboración: Elaboracion Propia

El Gráfico 1, muestra la gráfica de caja de las variables temperatura inicial, temperatura final e incremento de temperatura de cada muestra, este tipo de gráfica sirve para identificar los valores dentro de cada cuartil y observar los errores estadísticos.

Como se puede observar la temperatura inicial de las muestras se mantenían en un promedio de 28.88°C, alcanzando la temperatura final de 55.28°C, el incremento de temperatura proporcionado por el concentrador solar cilíndrico parabólico fue de 26.32°C, en las tres horas de exposición de cada muestra.

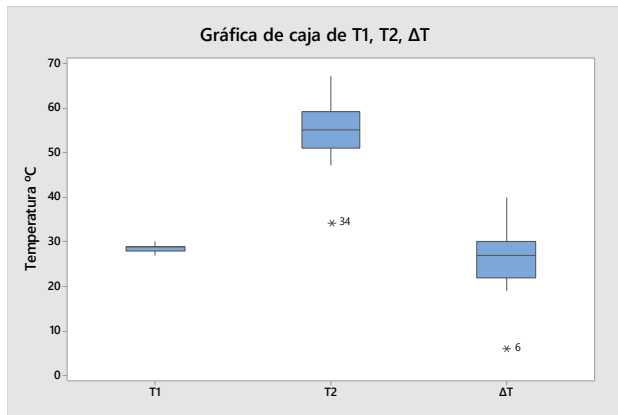


Gráfico 1 Gráfica de caja T₁, T₂, ΔT
Elaboración: Propia

En el gráfico 2 se puede observar, mediante una gráfica de intervalos, al nivel de confianza del 95% para la media, los valores correspondientes al rendimiento volumétrico, siendo el 90.5413% el rendimiento mínimo y 91.3011% el rendimiento máximo, calculándose el promedio en 90.9662%.

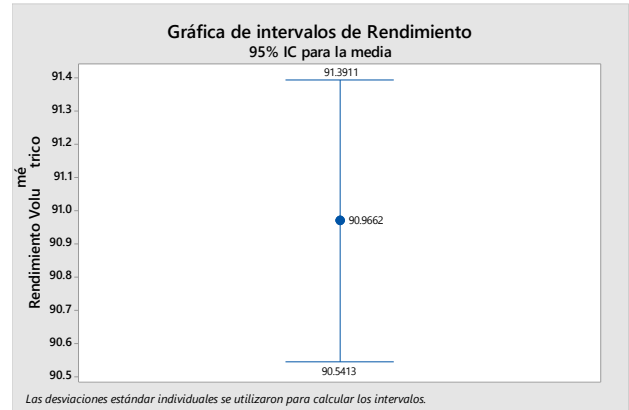


Gráfico 2 Gráfica de intervalos de Rendimiento
Fuente: Elaboración propia

Durante la investigación se observó la disminución del volumen final en el reactor, registrándose y analizando los datos en el software estadístico, mismos que se muestran en el Gráfico 3, determinándose en el rango de 1.76883-2.77932 ml, promediándose en 2.27407 ml.

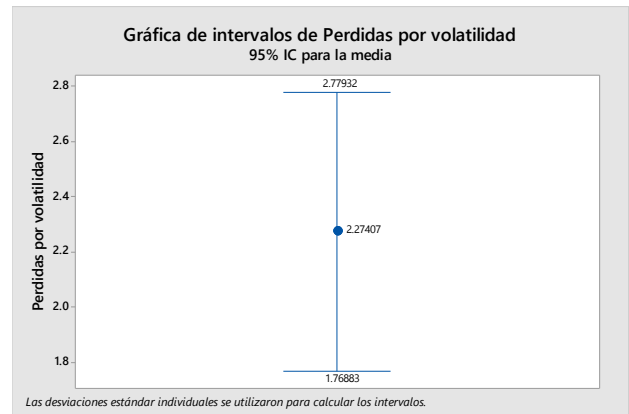


Gráfico 3 Gráfica de intervalos de perdidas por volatilidad
Elaboración: Propia

Respecto a la caracterización del biodiesel sólo se determinó la densidad, siendo de 0.890 gr/cm³, encontrándose dentro del rango 0.800 – 0.900 gr/cm³ establecidos en la norma europea EN14214.

Agradecimiento

Al Laboratorio de propiedades Físicoquímicas del programa de Ingeniería en Energía de la Universidad Politécnica de Altamira por todas las facilidades prestadas al desarrollo de esta investigación.

Conclusiones

Al término de la investigación denominada Producción Sustentable de Biodiesel con Aceite Vegetal Usado en un Concentrador Cilíndrico Parabólico, concluimos que el proceso de producción de Biodiesel Solar es posible de realizar con la radiación electromagnética de la zona de estudio, en este caso: Altamira, Tamaulipas; dicha radiación aporta la energía necesaria para una transferencia de masa por diferencia de densidades, sin la necesidad de utilizar un agitador, eliminando el costo energético que normalmente se proporciona con parrillas de agitación magnética, obteniendo un rendimiento volumétrico promedio de 90.96%, se observan pérdidas de volumen, atribuidas a la volatilidad del metanol, a pesar de que el reactor es cerrado.

El uso de aceites vegetales usados y la energía solar en el proceso de transesterificación para la obtención de Biodiesel Solar es un proceso híbrido y sustentable, su costo de producción es inferior a otros al eliminar el costo de energía eléctrica utilizada para proporcionar calor y agitación al proceso, disminuye la contaminación de recursos hídricos por AVU, la disminución de emisiones por la combustión del biodiesel, además de beneficiar a la sociedad en los impactos ambientales, ofrece una oportunidad de disminuir la dependencia energética.

Referencias

Calero Cáceres W.; Chicaiza E.; Chicaiza W. y Vizuete D. (2007). “Síntesis y refinación de biodiesel y glicerina obtenidos a partir de grasa vegetal”, Universidad Central del Ecuador, Facultad de ciencias químicas, Quito D.M.

Cataño Conde C., Narváez Martínez R., Quintero P., Yaber Bernal G., (2012). “Importancia e impacto del Biodiesel como energía renovable a partir de aceites vegetales reciclados en Barranquilla”, Revista Académica libre-Universidad Libre-Barranquilla, año 9, No.10.

Cifuentes Guerrero M. (2010). “Obtención de biodiesel a partir de aceite usado de cocina por transesterificación en dos etapas, con dos tipos de alcoholes”, tesis de maestría en ingeniería con énfasis en energías alternativas, Universidad libre, facultad de ingeniería, Santa Fe, Bogotá.

DOF (2008) Ley de promoción y desarrollo de los bioenergéticos. Diario Oficial de la Federación. [En línea] http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5029330&fecha=01/02/2008. Consultado 12/06/2017

Duran Julio C., Godfrin Elena M. (2004). “Aprovechamiento de la Energía Solar en Argentina y en el Mundo”. Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie de publicaciones científicas N°1.

Echavarría Restrepo J. (2012). “El desarrollo sostenible y el reciclaje del aceite usado de cocina a la luz de la jurisprudencia y el ordenamiento jurídico colombiano”. P + L, Producción + Limpia, enero – junio. Vol.7. No. 1. ISSN: 109-122.

Estrada Cajigal V. (2008). “Fuentes de información de datos de radiación solar” SOLARTRONIC S.A.DE C.V. abril 2008.

González A. y Castañeda Y. (2011) “Biocombustibles, Estados Unidos, su estrategia hegemónica competitiva y la influencia en la política energética de México”, Vol. II, No. 21.

Luz Lugo M.; 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 e Zulia, Vol. 22. No. 2.

Martinez Herrera José, (2007). “El piñon mexicano; una alternativa bioenergética para México”, revista digital universitaria, volumen 8, ISSN: 1067-6079.

Mapa Solar [En línea]
http://qgiscloud.com/solartronic/radiacion_solar/?bl=ROADMAP&st=tamaulipas&e=11674902%3B2532636%3B10283137%3B3196721&t=radiacion_solar&l=Areas_Naturales_Protegidas%2Clineas_de_transmision%2CGHI_T Consultado 25/06/2017

Riveros S. L. M. y Molano M. A. (2006). “Transesterificación del aceite de palma con metanol, por medio de una catálisis heterogénea empleando un catalizador ácido”. *Revista de Ingeniería*, Universidad de los Andes, ISSN: 0121-4993.