

## INFLUENCIA DE LAS CONCENTRACIONES DE ACEITE VEGETAL USANDO ALCOHOL ETÍLICO Y TEMPERATURA EN LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL\*

Canessa Galván, Jorge Alberto<sup>1</sup>

Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú

### RESUMEN

Este trabajo presenta un estudio experimental llevado a cabo con el objeto de optimizar la obtención de biodiesel mediante la etanolisis de aceite vegetal usado en el comedor de la UNCP – Huancayo. Las variables analizadas fueron la relación molar etanol, aceite y la temperatura de reacción, se realizó un diseño factorial de experimentos 2x2 con 3 réplicas. Las condiciones óptimas para lograr la máxima conversión de la reacción se obtuvieron cuando se usó como materia prima el aceite vegetal usado en frituras de carnes y papas; con relación molar alcohol/aceite = 6 y la temperatura de 60°C; el proceso se realizó a presión atmosférica en la ciudad de Huancayo. El biodiesel obtenido cubre con las especificaciones especuladas en las normas internacionales para combustibles diesel; como son la densidad de 15°C, el punto de ebullición y el porcentaje volumétrico de agua.

Palabras clave: transesterificación, parámetros, relación molar, temperatura, optimización.

### INFLUENCE OF THE VEGETAL OIL CONCENTRATION USING THE ETILIC ALCOHOL AND THE TEMPERATURE FOR OBTAINING BIODIESEL

#### ABSTRACT

The present work shows an experimental investigation carried out with the intention to optimize the process in obtaining biodiesel through the etanolisis of ventos oil used in the UNCP. Theboarding analyzed variables were the relation masonad the molar revelation etanol oil and temperature of reaction. We set a factorial desing of 2x2 experiments with 3 replisos. The optimal conditions for the maximun conversion, of the reaction were gotten when are coked the frying meat and chips oil was used as raw material. With the relation molar deolul oil = 6 and a temperative of 60° C this proces was experimented at Hyo's atmosphecU presure the biodisel obtained satisfies with the wished especifications according to international standards for diesel fuels as they are the density at 15° C, the boiling point the volumetric percentage of water.

Key Words: transentedification, parameters, molar relativa, temperutive, optimization.

#### INTRODUCCIÓN

La investigación comprende el marco teórico, materiales y métodos, resultados, discusión y conclusiones.

El biodiesel es un combustible que sustituye a los de procedencia fósil con grandes ventajas de tipo ambiental. Para su obtención se requiere aceite vegetal usado o no; que reacciona con alcohol metílico o etílico, medios básicos a temperatura entre 45 °C a 60 °C.

En la presente investigación emplearemos aceite vegetal usado procedente de las frituras del comedor universitario de la UNCP. Por estos remanentes constituyen contaminantes a la salud humana; además el aceite usado se desecha en los desagües domésticos que llegan a las inmediaciones del río Mantaro incrementando su contaminación.

El presente trabajo tiene por objetivo obtener los mejores parámetros de concentraciones y temperatura a fin de mejorar el rendimiento de la reacción.

---

\*. Este trabajo de investigación fue recibido el 20/03/2007 retornado para su revisión 20/06/2007 y aprobado para su publicación 10/12/2007.

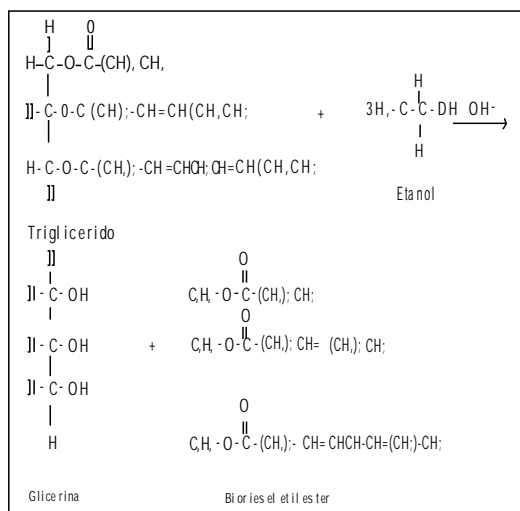
1. jcanessag\_@yahoo.com

Mediante la Ley de Promoción del Mercado Biocombustibles, N° 28054 27 de agosto del 2003 y el Decreto Supremo N° 013 – 2005 – EM, dado el 30 de marzo del 2005 que la reglamenta, establece el marco general para promover el desarrollo del mercado de los biocombustibles, de modo al 01 de enero del 2010 en todo país biodiesel representa el 10% de la mezcla con diesel para usos automotrices.

Como podemos apreciar, existen razones de orden ecológico y legal para la producción de los combustibles renovables de origen vegetal, consecuentemente debemos estudiar la reacción de conversión para posteriormente llegar a diseñar los reactores necesarios para la etapa productiva.

### MATERIAL Y MÉTODOS

El proceso se representa mediante la siguiente reacción (3).



### Metodología: Experimental

#### a) Población y muestra:

Aceite vegetal usado en el comedor de la UNCP, del cual se tomó muestras de un litro al azar, semanalmente.

#### b) Procesamiento y análisis de datos

##### Procesamiento:

- Caracterización del aceite usado (cantidad de agua y acidez en el aceite).
- Mezcla el alcohol y el catalizador.
- Calentamiento del aceite y mezcla con el metóxido de sodio.
- Agitación de la mezcla reaccionante durante la ejecución de la reacción a temperatura ambiente.

- Decantar o espira el biodiesel.
- Purificar el producto.

#### Análisis de datos:

- Determinación analítica de las concentraciones.
- Diseño completamente aleatorizado.

Los materiales de laboratorio utilizados son:

Papel filtro y otros.

#### Equipos:

- agitador magnético
- termómetro
- cronómetro
- calentador tipo termostato
- destilador a reflejo

#### Laboratorio:

Es más interesante hacer el biodiesel a partir de aceite usado, el cual debe ser filtrado antes de iniciar el proceso.

Primero comprueba la cantidad de agua. El aceite usado estuvo mezclado con algo de agua, y ésta puede afectar a la lejía, especialmente si pones demasiada lejía. Se formaría una gelatina.

Para saber cuánta agua hay en el aceite caliente de medio litro en una mezcla en cacerola se midió la temperatura con termómetro y ante la presencia de agua empezó a crepitar o chisporrotea a 50°C o menos. Al no chisporrotear a los 60 °C no fue necesario secar el aceite. Se requirió extraer agua del siguiente modo: Se mantuvo el aceite a 60 °C durante 15 min. y vertió el aceite en otro recipiente para que repose al menos 24 horas. El 90% del contenido es aceite. El 10% restante (lo que hay en el fondo) es agua que no debe mezclar de nuevo con el aceite (2).

El aceite necesita más catalizador que el aceite nuevo para neutralizar los ácidos grasos libres (AGL) que se forman al cocinar el aceite e interfieren en la transesterificación.

Tienes que hacer una valoración para determinar el contenido de AGL, que hay en el aceite, y cuanta lejía necesitamos para neutralizarlas. Esto es determinar el pH, o nivel ácido – base. El valor 7 es neutro, valores inferiores aumenta la acidez, valores superiores la reducen. Lo mejor es usar un medidor de pH electrónico, o papel tornasol o solución de fenolftaleína.

Disuelva un gramo de lejía en un litro de agua destilada (solución de lejía al 0,1%) en un vaso de precipitados pequeño disuelve 1ml. de aceite en 10ml. de alcohol isopropílico puro. Calienta el vaso de precipitados al

bañomaria y remueve hasta que todo el aceite se haya disuelto. Añada dos gotas de solución de fenoltaleína.

Con una jeringa graduada pon solución de lejía al 0,1%, gota a gota, en la solución de aceite, alcohol, fenoltaleína. Agita todo el tiempo hasta que la solución se vuelva rosa y mantenga el calor durante 10 segundos. Anota el número de ml. de solución de lejía que has usado y suma 3,5 el número de gramos de lejía por litro de aceite.

De nuestra primera valoración obtuvimos un resultado de 6 ml. de solución de lejía de 0,1% (no muy buen aceite), así que usamos  $6 + 3,5 = 9,5$  gramos de lejía por litro de aceite: 95 gramos por 10 litros.

Después procede como con el aceite nuevo: Se emplea 10 L. de aceite con 2 litros de alcohol metílico y lejía (calculada en base al volumen de aceite purificado, en el ejemplo 9,5 gramos de lejía 0,1% por litro de aceite).

El procedimiento consiste en mezclar la lejía calculada en dos litros de metanol; la mezcla comienza a desprender gases y a calentarse, la reacción se completó en quince minutos. El resultado de la reacción es el metóxido de sodio, una base extremadamente corrosiva, utilice todas las medidas de seguridad cuando trabaja con esta sustancia química.

Mientras tanto calentamos los diez litros de aceite hasta 40°C con el fin de diluirlo y que se mezcle mejor con el metóxido.

Echamos con cuidado el metóxido de sodio en el cubo del aceite.

La reacción comienza inmediatamente formando dos productos: glicerina en el fondo del cubo y biodiesel flotando sobre la glicerina. Seguimos agitando la mezcla reaccionante durante hora. Al día siguiente aspiramos del cubo de 8 a 9 litros de biodiesel quedando al fondo dos litros de glicerina.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) En la presente investigación aplicamos para el análisis de resultados el método factorial de dos variables a dos niveles.

b) Relación de reactivos:

Concentración de aceite usado puro  
Concentración de iílico = RC

Temperatura de reacción (T)

Los otros parámetros de la reacción se mantienen constantes y son:

Tiempo de reacción = 1 hora  
Concentración del catalizador (NAOH) = 0,1 mol/L.  
Tiempo de decantación = 24 Horas.

MUESTRAS	HUMEDAD	ACIDEZ
1	0,02	0,527
2	0,04	0,438
3	0,03	0,483
Promedio	0,03	0,483

La variable de salida es en porcentaje del biodiesel = (X<sub>n</sub>)

El número de eventos será 4 y en cada 1 de tres réplicas.

La primera operación que se realizó es el filtrado del aceite usado en el comedor, el cual procede de las frituras de carnes y papas, conteniendo cenizas y restos de comida; esta operación se efectúa con tela de tocuyo.

La segunda operación viene a ser la caracterización de los aceites usados, las características a considerar son: la humedad y la acidez que se efectuaron por triplicado para cada muestra mediante las siguientes determinaciones analíticas.

Humedad: Por el secado en estufa. Se pesaron 5 g. de muestra en el crisol. Se llevó a una estufa a la temperatura de 100 – 105 °C, hasta peso constante y se calculó el porcentaje de humedad por diferencia de pesos.

- Acidez total: Por titulación mediante una bureta. El valor de la acidez es el número de miligramos de hidróxido de potasio necesarios para neutralizar los ácidos de un gramo de muestra. Se peso la muestra, luego se agregó el solvente (hidróxido isopropílico), se inició la agitación vigorosa y luego procedió a la adición de alcalí (previamente estandarizado). Después de cada edición del alcalí (0,05 ml) se dejó un tiempo de 2 min. para que la lectura a tomar fuera constante. Se realizó además un blanco usando solvente. Luego se realizaron los cálculos. Las propiedades determinadas en el mismo se dan en la tabla 1.

Tabla1.- Propiedades del aceite vegetal usado.

VARIABLES	RELACION DE REACTANTES	TEMPERATURA DE REACCION	
NIVELES	Superior Inferior RC1 RC2	Superior T <sup>1</sup>	Inferior T <sup>2</sup>
VALORES	6 5	60 °C	50 °C

Fuente: Elaboración propia

El contenido de acidez grasos libres y el contenido de agua tienen influencia en la eficacia del proceso de transesterificación. Los resultados muestran que para una mayor conversión el aceite debe ser prácticamente anhidro (el contenido de agua debe estar por debajo del 0,5%). Y libre de ácidos grasos (el valor ácido debe ser mayor que 1).

Teniendo en cuenta esto, puede decirse que el aceite usado procedente del comedor, reúne los requerimientos necesarios para ser utilizados en el proceso de transesterificación catalizado por álcalis dado que el contenido de humedad es en promedio 0,03% y la acidez promedio del 0,483.

En el siguiente paso se realizó el montaje experimental implementando para llevar a cabo la reacción de transesterificación del AVV. Se utilizó un balón de 2 litros de capacidad; el recipiente dispone de tres bocas con las siguientes funciones: en una de ellas se coloca el termómetro, en la otra (central) se coloca el condensador a reflujo y la tercera permite añadir los reactivos y sacar muestras de la masa reaccionante, la agitación corresponde a una cápsula magnética y la temperatura del termostato, el cual se encuentra encima del vibrador. La función del agitador es facilitar el mezclado de los reactivos.

Lo ideal es que el flujo de fluidos tenga lugar en régimen turbulento para que las condiciones se aproximen a mezcla perfecta. Adicionalmente el condensador permite evitar los escapes de alcohol por evaporación. Luego se deja reposar la masa reaccionante por 24 horas procediendo a decantar en una pera, logrando separar el biocombustible y la glicerina.

El lavado de biodiesel se realizó adicionándole una cantidad de agua el equivalente a un 30% en volumen y promoviendo el contacto entre los fluidos mediante el burbujeo con aire. Con esta operación se logra extraer el exceso de etanol y los restos de catalizador empleado.

Para el secado se utilizó un erlenmeyer sumergido en un baño de agua colocado en una plancha con agitación magnética. El desprendimiento lateral del erlenmeyer se conectó a una línea de vacío para facilitar la evaporación del agua.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 2: Conversión de aceite vegetal usado a biodiesel.

PARÁMETROS (RC)(T)	EXPERIMENTOS			PROMEDIO DE OBTENCIÓN
	1	2	3	
T1=(6)(60° C)	0,80	0,85	0,84	0,83
T2=(5)(50°)	0,85	0,80	0,80	0,82
T3=(6)(50° C)	0,93	0,90	0,92	0,92
T4=(5)(60° C)	0,92	0,90	0,91	0,91

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular, el efecto de la relación molar de reactivos y de la temperatura de la intersección de ambas variables procedemos así:

i. Para la relación molar:

$$(T_1 - T_4) / T_4 = - 0.0963$$

$$(T3-T2) / T2 = 0.1219$$

De los resultados obtenidos procedemos a deducir que el T3 es el mayor incremento de la conversión que tiene como relación molar 6.

Los resultados obtenidos concuerdan con el efecto de masas, ya que en la formación del Biodiesel intervienen reacciones reversibles, las cuales se desplazan hacia la derecha cuando aumenta uno de los reactivos. Como podemos constatar la incorporación entre los efectos es alta: 0.2182

Para la variación de temperatura:

$$(T1-T3)/T3 = -0.0978$$

$$(T4-T2)/ T2 = 0.1098$$

La transesterificación se puede producir a diferentes temperaturas, en el presente caso el tratamiento T4 a 60°C es el que produce mejor efecto en la reacción, esto es explicable porque el proceso es endotérmico y requiere de calor para su avance.

Para la interacción: Relación Molar - Temperatura

$$(T1 - T2) / T2 = 0.1220$$

Como observamos el efecto de la intersección de las ambas variables (0.1220) es ligeramente superior que el efecto de la reacción molar (0.1219), pero ambos son mayores al efecto de la temperatura (0.1098).

Las condiciones a escoger es con relación molar 6 y a 50°C, debido a que producen una mayor conversión debida a que la temperatura es más baja y se garantiza una menor pérdida de alcohol etílico por evaporización y se disminuye el riesgo de combustión, dando cierto margen de seguridad (se evita explosiones e incendios).

Después del estudio proponemos el siguiente diagrama de proceso de esterificación y transesterificación con catalizador alcali.

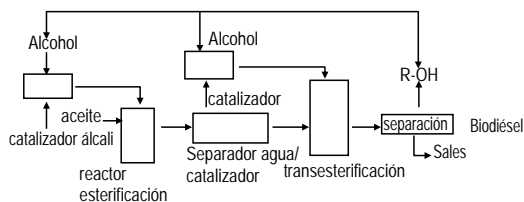


Gráfico 1.- Proceso de esterificación y transesterificación con catalizador alcali

Este proceso empieza con la formación de etilóxido de sodio, el cual reacciona con el aceite, luego se separa la mezcla de agua catalizado y alimentamos más alcohol para continuar con la reacción de transesterificación.

Este procedimiento permite, añadir el catalizador por partes, cuidando que no genere carbonos que impurificaran el producto.

El producto presenta las siguientes características:

- coloración característica.
- densidad a 15°C es 880, 2 Kg./m<sup>3</sup>.
- punto de ebullición 306, 9°C.
- contenido de agua % V/V = 0.027.
- viscosidad: baja a simple inspección.

El punto de ebullición es alto, lo cual nos indicaría que la combustión del carburante es también a alta temperatura que nos asegura una combustión completa, con las consiguientes ventajas ecológicas.

Una baja viscosidad asegura una alta fluidez del combustible en el motor, permitiendo la conservación de todas las piezas metálicas.

El bajo contenido de agua en el producto asegura su alta pureza.

Con facilidad podemos predecir que el producto obtenido cumple las especificaciones de un buen combustible.

Sobre la materia prima la calificamos de buena calidad debido a su baja acidez, lo que permite que la reacción sea catalizada con una base de baja concentración.

### CONCLUSIONES

- Según la obtención de Biodiesel la mayor combinación de variables es el de relación molar 6 y la temperatura de 60°C, manteniendo la concentración

del catalizador básico muy bajo (0,001%) con la finalidad de evitar la formación de jabón que perjudica en rendimiento de la reacción y la impurifica; el tiempo de reacción en la transesterificación es de 60 min. y el tiempo de decantación es de 24 horas.

- Los rendimientos obtenidos son muy estrechos, lo que indica que las variaciones de los parámetros no son significativos relativamente.
- La reacción llega a una mayor eficiencia con la relación molar de 6.
- La reacción llega a mayor conversión a mayor temperatura por ser exotérmica.

### LITERATURA CITADA

- Calle Maravi, J. L., Coclo Guevara, J., Castro Pareja, P., 2007. Opciones para la producción de biodiesel a pequeña escala en el Perú. ITDG – UNALM. Lima. (Power Point 32 vistas).
- Carosa Rodolfo, José., 2001. Procesos de producción de biodiesel. soda@it. (visto el 10 de mayo 2005).
- G. Resinos, A., Rodríguez y otros., 2007. Metodología para la fabricación de biodiesel a partir de aceite de palma africana-P. 57-Universidad HERAT – Las Mercedes de Cuasimodo, Limos, Costa Rica.
- Stralta, J. [capacita@ber.com.ar-200-pag.4.](mailto:capacita@ber.com.ar)
- Pozzolo, O., Bruno Custo, J. y Gómez, M. mayo 2003. Domingo. La Revista de La República – p.10411 – 23 de abril 2006.
- Revista del Colegio de Ingenieros del Perú, 2005. noviembre y diciembre. CDLIMAN° 46. P. 35, 36 y 37.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNT. 2005. Impactos a la calidad del aire y combustibles alternativos. México.
- Vera, C.R., D' Lppolito, S.A., Pieck, C.L., Parera, I.M. "Optimización de un proceso de producción de biodiesel" – Universidad Nacional del Litoral – Fac. Ingeniería Química – Santiago del Estero – Santa Fe Argentina.cvera@figus.unl.edu.ar