

Producción de biodiesel a partir de grasa animal utilizando catálisis heterogénea

Jesús Oliva-Montes, Julio Flores-Rodríguez, Ricardo López-Medina, José Santos-Camacho, José Contreras-Ruíz, Mabel Vaca-Mier

Departamento de Ciencias Básicas e Ingeniería
Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco, D. F.; México

[jesusom.264, rlopez.ricardo, joseluiscontreras1988]@gmail.com, [jfr, mvm]@correo.azc.uam.mx, uamjose@hotmail.com

Abstract— Given the current situation of irrational use of petroleum, eco friendlier alternatives are sought, one of which is biodiesel. The aim of this paper is the use of raw chicken fat as raw material for biodiesel by the transesterification reaction catalyst by using potassium hydroxide supported on γ -alumina (KOH / γ -Al₂O₃). The effects of reaction time and method of extracting fat on the properties of the methyl esters were investigated. The catalyst was characterized by nitrogen physisorption and X rays; the density, viscosity and soot produced from esters with favorable results were determined in addition to gas chromatography.

Keyword— Oil, Biodiesel, Chicken fat, heterogeneous catalyst.

Resumen— Ante la situación actual del uso irracional de derivados del petróleo se buscan alternativas más amigables con el medio ambiente, una de éstas es el biodiesel. En este trabajo se estudia el uso de la grasa de pollo cruda como materia prima para la obtención de biodiesel por medio de la reacción de transesterificación utilizando hidróxido de potasio soportado en γ -alúmina como catalizador (KOH/ γ -Al₂O₃). Se investigaron los efectos del tiempo de reacción y forma de extracción de la grasa sobre las propiedades de los ésteres metílicos. El catalizador fue caracterizado por fisisorción de nitrógeno y rayos X; se determinaron la densidad, viscosidad y hollín producido de los ésteres con resultados favorables además de la cromatografía de gases.

Palabras claves— Combustibles, Biodiesel, Grasa de pollo, Catalizador heterogéneo.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel global representan un problema que ha atraído la atención de gobiernos, organizaciones no gubernamentales y científicos desde la década de 1970 por los efectos que tiene en la salud de las poblaciones y en el ambiente, tanto a largo como a corto plazo. Estas emisiones son principalmente por la combustión de combustibles fósiles y sus derivados tanto en aplicaciones industriales, generación de energía eléctrica y en el transporte.

La polémica que ha generado esta situación nos ha llevado a buscar alternativas energéticas al petróleo. En el caso de los combustibles para vehículos automotores estas alternativas se centran en el bioetanol, biodiesel y electricidad principalmente.

En el presente trabajo se plantea que es posible la obtención de biodiesel a partir de un desecho como la grasa de pollo utilizando un catalizador de hidróxido de potasio (KOH) soportado en alúmina (γ -Al₂O₃) con un buen rendimiento. Esto con el fin de evitar el uso de granos que pueden ser utilizados como alimento por la sociedad, tener un combustible más amigable con el medio ambiente y, al mismo tiempo, dar un valor agregado a un residuo y que no sea confinado a un relleno sanitario.

Según un reporte del Panel Intergubernamental de expertos para el Cambio Climático (IPCC) (2013) en el año 2011 se emitieron en todo el mundo 9.5 Gton de CO₂eq (54% más que en 1990) registrándose una concentración en la atmósfera de 391 ppm de CO₂. Estos contaminantes se deben principalmente a la quema de combustibles derivados del petróleo.

Los principales contaminantes emitidos y/o generados a la atmósfera por la combustión del diesel, o de combustibles en general son el Óxido de Azufre (SO₂), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), Monóxido

de Carbono (CO), Material Particulado (PM10 y PM2.5), Ozono (O₃), Compuestos Orgánicos Volátiles y Bióxido de Carbono (CO₂) (Gómez, 2008). Tal vez el contaminante más nocivo de la combustión del diesel es el hollín ya que éste está formado principalmente por partículas de carbono (materia en partículas) en las que se combinan los hidrocarburos. Estas minúsculas partículas se introducen en los pulmones durante el proceso de respiración debido a su pequeño tamaño. Su diámetro es más pequeño que el de un micrómetro y las partículas del hollín provocan también un aumento en las enfermedades respiratorias como el asma, la bronquitis, el enfisema, entre otras (Greenpeace, 1999).

Actualmente, todas las formas de producir energía tienen algún efecto sobre el ambiente, sin embargo hay algunas que pueden perjudicar menos que otras, tal es el caso de los biocombustibles como el biodiesel que es biodegradable, no tóxico y con bajo perfil de emisiones contaminantes. Tiene una alta densidad energética (alto poder calorífico), pueden ser manejados, transportados y almacenados de manera simple, pues es líquido, no es inflamable ni explosivo; es el único combustible líquido que la naturaleza ofrece directamente, sin que sean necesarios procesos complejos y onerosos de transformación o acondicionamiento (Cabello, 2006). Es por ello que la producción de biocombustibles ha ido creciendo constantemente con el fin de solucionar las problemáticas de contaminación ambiental y costos crecientes de combustibles fósiles. Estos biocombustibles se pueden obtener de aceites vegetales como del maíz (bioetanol), coco o girasol, o de grasas animales como de pollo o borrego para producir biodiesel.

El biodiesel se puede definir como un combustible alternativo obtenido a partir de grasas animales, aceites vegetales, ya sean sin usar o quemados. Dicha obtención se realiza por una reacción química llamada transesterificación u otro proceso que se denomina esterificación. El producto final está mezclado con un alcohol (por lo regular metanol) y puede ser usado en vehículos ya sea en ciertas proporciones diésel-biodiesel o haciendo ciertas modificaciones al motor sí que quiere usar solo (EPA, 2007; DOF, 2008; SAGARPA, 2011).

En comparación con la química del combustible diésel, que contiene cientos de compuestos, las composiciones químicas de diferentes grasas y aceites típicamente utilizados para el biodiesel son muy similares. Cada molécula de grasa o aceite se compone de una glicerina columna vertebral de tres carbonos, y en cada carbono está unido un ácido graso de cadena larga que reacciona con metanol para preparar el éster de metilo o biodiesel. Las grasas y aceites contienen 10 tipos comunes de ácidos grasos que tienen de 12 a 22 átomos de carbono, más de 90% son de 16 a 18 átomos de carbono. Algunas de estas cadenas están saturadas, algunos son monoinsaturadas, y otros son poliinsaturados. Dentro de los límites de las especificaciones, los diferentes niveles de saturación pueden afectar a algunas propiedades del combustible biodiesel (NREL, 2009; Ravindra y Raman, 2015).

Para la producción del biodiesel se requiere un aceite vegetal o grasa animal como materia prima, un alcohol y un catalizador. Los principales métodos para obtenerlo son la esterificación y la transesterificación. La primera consiste en sintetizar un éster, es decir, se lleva a cabo una reacción entre los ácidos carboxílicos y los alcoholes utilizando ácidos fuertes como catalizadores; en cambio, la transesterificación consiste en intercambiar el grupo alcoxi de un éster por otro alcohol, es un método más fácil y más amigable con el ambiente (Ravindra y Raman, 2015).

Al ser un combustible oxigenado y no contener azufre, tiene una combustión más completa que su antecesor y por ello, una composición notoriamente mejor en sus emisiones (Romano y Sorichetti 2011). Asimismo, el biodiesel, aún usado en mezclas de solo 10% por 90% de diésel convencional, reduce notablemente las emisiones de monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO_x), compuestos aldehídos como el formaldehído y el acetaldehído y prácticamente elimina las emisiones de benceno que es un peligroso compuesto cancerígeno. La única desventaja del biocombustible respecto al diésel es que el primero emite mayor cantidad de NO_x al ambiente (Ministerio del Medio Ambiente, 2006).

La combustión del biodiesel produce menos humo visible y menos olores desagradables que su antecesor, por lo que su uso como sustituto o complemento del diésel puede contribuir a disminuir la contaminación del aire y los riesgos a la salud pública (Acosta et al. 2008). El biodiesel puede ser ocupado en la proporción ya mencionada o en una relación 20-80% y sin necesidad de modificar el motor; si se usa en una proporción mayor (50-50) o sólo (B100) es necesario hacer modificaciones al motor para evitar el taponamiento de los inyectores.

Algunos hidrocarburos (HC) y material particulado (PM) de emisiones procedentes de la combustión del combustible diésel son tóxicos o cancerígenos. Usando B100 puede eliminar hasta el 90% de estos tóxicos en el aire. El uso de B20 reduce tóxicos del aire en un 20% a un 40%. Los efectos positivos de biodiesel en los tóxicos del aire se ha demostrado en numerosos estudios (NREL, 2009).

Derivado de la problemática mencionada, se planteó la posibilidad de utilizar un residuo como la grasa de pollo, que, por lo general va a rellenos sanitarios, para producir biodiesel y realizar su caracterización determinando algunos parámetros de calidad y el análisis cualitativo y cuantitativo por la cromatografía de gases.

A. *Catálizadores en la producción de biodiesel.*

Un catalizador es un compuesto que acelera una reacción química. Lo hace mediante la formación de enlaces con las moléculas reaccionantes al permitir que estos se conviertan a un producto, que se separa del catalizador, y lo deja inalterado tal que está disponible para la siguiente reacción. De hecho, se puede describir la reacción catalítica como un evento cíclico en el que el catalizador participa y se recupera en su forma original al final del ciclo (Chorkendorff & Niemantsverdriet, 2007).

La catálisis homogénea principalmente se usa para la esterificación ya que tiene altos porcentajes de efectividad que llegan hasta el 96% y con tiempos de reacción bajos aunque su principal desventaja es que se requieren muchos procesos de lavado con gran cantidad de agua. Los catalizadores heterogéneos es una alternativa viable ya que no presenta tantas complicaciones. Entre sus características están que minimiza el riesgo de reacciones secundarias y es fácil de recuperar el una vez terminada la transesterificación para su uso posterior (Chorkendorff & Niemantsverdriet, 2007).

Algunas ventajas de la alumina son que tiene superficies específicas que pueden alcanzar hasta los 700m²/g, diámetro de poro que va desde 2 hasta 10 nm, etc. La alumina tiene una estructura cristalina y una porosa. Por otro lado, existen diversos tipos de esta, pero para su fase estable para realizar su activación se hace reaccionar con un solvente, después se seca y calcina a temperaturas que oscilan entre 450 y 750°C (Negrete, 2012).

Los catalizadores de óxidos metálicos soportados se preparan depositando la fase de éste sobre un óxido soporte con un alto área superficial. Los catalizadores de óxidos metálicos soportados muestran numerosas aplicaciones en reacciones de oxidación parcial. Se ha propuesto que los principales factores que controlan la actividad y selectividad de los óxidos metálicos soportados son las estructuras moleculares, los estados de oxidación, la estabilidad de la fase superficial del óxido metálico y su interacción superficial (Díaz, 2010). La presencia de aditivos también afecta la estructura y reactividad de los catalizadores de óxidos metálicos soportados mediante la alteración de sus propiedades redox y ácido-base (Babajide., et al 2010).

En el caso específico del Hidróxido de Potasio soportado en γ -alumina (KOH/ γ -Al₂O₃) al usarlo como catalizador para producir biodiesel se encuentra que genera una pureza alta de este (86%) y también un rendimiento alto (88%) (Rios et al., 2009).

II. METODOLOGÍA

A. Extracción de la grasa de pollo.

Como materia prima se utilizó grasa de pollo cruda y para su extracción se utilizaron dos procedimientos.

En el primero se puso 1 kg de grasa de pollo, previamente enjuagada con agua de grifo para quitar cualquier impureza o residuo, en una olla exprés. Se agregaron aproximadamente 300 ml de agua destilada y se calentó a 90°C durante 2 horas en una parrilla. Una vez transcurrido este tiempo se dejó enfriar y se filtro la fase líquida en un vaso de precipitados. Ya una vez filtrada la grasa se metió en la estufa durante 24 horas a 100°C para que se evapore toda el agua y se volvió a filtrar para quitar algún posible residuo sólido. Al final se guardó en el congelador para su conservación.

En el segundo método se puso en la estufa a 100°C 50 gr de grasa de pollo cruda (también previamente enjuagada con agua) durante 1 día para quitar toda el agua. Después se pesaron dos cartuchos de celulosa para ponerlos dentro de los tubos Soxhlet, se les añadieron 20 gr de grasa, se volvieron a pesar y se introdujeron en los tubos. Por otra parte, se añadieron 100 ml de éter etílico en 2 matraces bola de 250 ml.

Ya hecho lo anterior, se realizó el montaje del equipo Soxhlet y se puso debajo de los matraces una parrilla de calentamiento a una temperatura entre 60 y 70°C y se dejó durante 9 horas. Después se separaron el éter y la grasa en un evaporador rotatorio a 90°C hasta que se recuperó todo el solvente. Por último se dejaron enfriar los matraces, se pesaron para saber cuanta grasa se obtuvo por este método y se guardaron en el congelador para la mejor conservación de ésta.

B. Preparación y caracterización del catalizador.

Se preparó un catalizador de hidróxido de potasio soportado en γ -alúmina por impregnación húmeda. Se pesaron 7.5 gr de KOH y se les agregó 30 gr de γ -Al₂O₃, después se adicionaron 300 ml de agua destilada. La mezcla se puso en agitación durante 9 horas a 300 rpm; ya transcurrido ese tiempo se retiró el agua en el rota evaporador con el agua del recipiente a 120°C durante 1 hora. Después se metió en la estufa a la misma temperatura por un tiempo de 12 horas. Finalmente fue calcinado en la mufla a 500°C durante 5 horas y se guardó de nuevo en la estufa para que no absorba humedad y ser utilizado posteriormente.

Una vez preparado el catalizador se le realizaron las siguientes pruebas:

- **Fisiorción de N₂ (BET):** Una vez calcinado el catalizador se le realizó la prueba de fisiorción la cual regresa íntegra la muestra, esta prueba se llevó a cabo con las siguientes condiciones:

Tabla I. Condiciones del proceso de adsorción-desorción.

Variabes	Alúmina (γ -Al ₂ O ₃)	Catalizador calcinado (muestra 1)	Catalizador calcinado (muestra 2)
Peso de la muestra (gr)	0.1955	0.1947	0.1771
Presión de saturación del gas (KPa)	80.657	80.717	80.623
Temperatura de adsorción (°C)	-196.15	-196.15	-196.15
Gas	Nitrógeno	Nitrógeno	Nitrógeno
Tiempo de desorción (h)	20	20	20
Temperatura de desorción (°C)	250	250	250

Se pusieron 2 muestras del mismo catalizador con el fin de corroborar resultados y una muestra del soporte (en este caso la alúmina) como referencia.

El modelo BET determina el área superficial del sólido (A_S) a través de la siguiente ecuación:

$$A_S = \frac{V_m}{22414} N_a \sigma$$

Ecuación 1. Ecuación del área de la superficie.

donde:

V_m = Volumen de la monocapa

N_a = Número de Avogrado

σ = Área cubierta por una molécula de nitrógeno.

El valor de V_m puede ser estimada por medio del cálculo de los parámetros de la ecuación de BET:

$$V_{ads} - V_m = \frac{\frac{CP}{P_s}}{\left(1 - \frac{P}{P_s}\right) \left(1 + (C - 1) \frac{P}{P_s}\right)}$$

Ecuación 2. Ecuación de BET

donde:

V_{ads} = Volumen de gas adsorbido

P = Presión de saturación del nitrógeno a 77 K

C = Constante relacionada con la energía de adsorción.

La metodología para determinar el área superficial se tomó del libro “Diseño de catalizadores para una obtención limpia de 2-feniletanol” (Bergada, 2007).

- **Difracción de rayos X (DRX):** Para determinar el rango de los grados en los que se hizo este análisis y que permitió identificar los picos resultantes fue utilizada la literatura (Ríos et al, 2014), dicho rango fue desde los 10 hasta los 79.99°C a una tensión de 45kV, una corriente de 40mA y el tiempo de análisis de cada una de las muestras fue de 25:22 minutos. Se metió una muestra de alúmina como referencia y otra de catalizador calcinado.

C. Reacción de transesterificación.

A continuación, para la reacción de transesterificación en tres matraz bola (previamente etiquetados como 1, 2 y 3) se pusieron 15 gr de grasa de pollo, 60 ml de metanol, 2.5 gr del catalizador preparado y se agregó un imán de agitación. Los matraces se pusieron en una parrilla con agitación a temperatura máxima de 70°C y se dejaron reaccionando durante 6, 9 y 12 horas, se añadió hielo al agua de enfriamiento constantemente para evitar que se escape el metanol. En la tabla 2 se muestran las condiciones de reacción empleadas.

Una vez transcurrido el tiempo de reacción se pasó la mezcla por papel filtro para quitar el catalizador y se dejó reposar en un matraz de decantación, en donde se dejó aproximadamente 12 horas para que la separación de fases fuera la adecuada. El producto obtenido con el alcohol (fase de arriba) se pasó a un matraz bola para recuperar el metanol en un evaporador rotatorio a 70°C el tiempo que fuera necesario para dejar solamente éste producto.

El producto de la reacción se guardó en un tubo pequeño de vidrio anteriormente pesado y se volvieron a pesar para poder determinar en cual de los 3 casos se obtuvo mayor eficiencia y se conservaron en refrigeración para su posterior caracterización.

Para el análisis cualitativo y cuantitativo de los metil ésteres se utilizó un estándar de 7 metil ésteres de ácidos grasos (AOCS MIX 6) de la marca GRACE y código de catálogo 625030. Mientras que el cromatógrafo usado es marca Valian modelo CP-3380 con una columna capilar SPtm (Supelco) de 30 metros.

También se determinaron algunas propiedades fisicoquímicas de manera experimental del producto como el pH, la densidad, el hollín producido y viscosidad.

Tabla II. Condiciones de la grasa para la transesterificación.

Número de matraz	Tiempo de reacción (h)	Grasa utilizada
1	6	Olla exprés
2	9	Método Soxhlet
3	12	Olla exprés

Para la densidad en una probeta previamente pesada se midieron 5ml de biodiesel y se pesaron en la balanza analítica, después se calculó la densidad.

En el caso de la viscosidad en una pipeta de 1ml se pusieron diversas sustancias para medir su viscosidad. Se dejó vaciar la pipeta en un tubo de ensayo y se tomó el tiempo que tardó en vaciarse la pipeta; esto se repitió 3 veces para cada sustancia y se tomó el promedio. Para la calibración del aparato de medición se utilizaron 3 sustancias con viscosidad conocida (hexano, aceite de oliva y etanol).

Después se realizó una curva de calibración y a partir de la ecuación de la recta se calcularon las viscosidades de los 3 biodiesel, diésel y grasa de pollo.

Para medir el hollín que produce se quemaron 0.5 ml de combustible en una cuchara de metal la cual se puso debajo de un tubo de ensayo. Con un pañuelo previamente pesada se extrajo todo el hollín y la diferencia de pesos fue la cantidad de éste o contaminación producida.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

A. Caracterización del catalizador.

Después de calcinar el catalizador no se observó diferencia aparente con respecto al catalizador no calcinado, sin embargo la calcinación permite dispersar mejor el material soportado en la alúmina (KOH).

- *Fisorción de N₂ (BET)*: A partir del proceso de adsorción-desorción que se llevó a cabo se obtuvo el área superficial del catalizador, el tamaño del poro y con ello el tipo de poro de las 3 muestras que fueron ingresadas.

Tabla III. Resultados de la prueba BET

Muestra	Área superficial del sólido (m ² /gr)	Diámetro promedio del poro (nm)	Volumen total del poro (cm ³ /gr)
γ -Al ₂ O ₃	136.11	7.6061	0.2588
γ -Al ₂ O ₃ soportada 1	118.76	8.4202	0.25
γ -Al ₂ O ₃ soportada 2	119.95	8.3711	0.251

El valor del diámetro de poro indica que en los tres casos se tiene un material mesoporoso debido a que se encuentra el valor en un intervalo entre 2 y 50 nm (Tabla 3), la variación entre el diámetro de la alúmina y las muestras del catalizador es mínima. No obstante en cuanto al área superficial si existe un valor más significativo.

- *Difracción de rayos X (DRX):* A continuación la figura 1 muestra el comportamiento del catalizador y a la $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ a esta prueba.

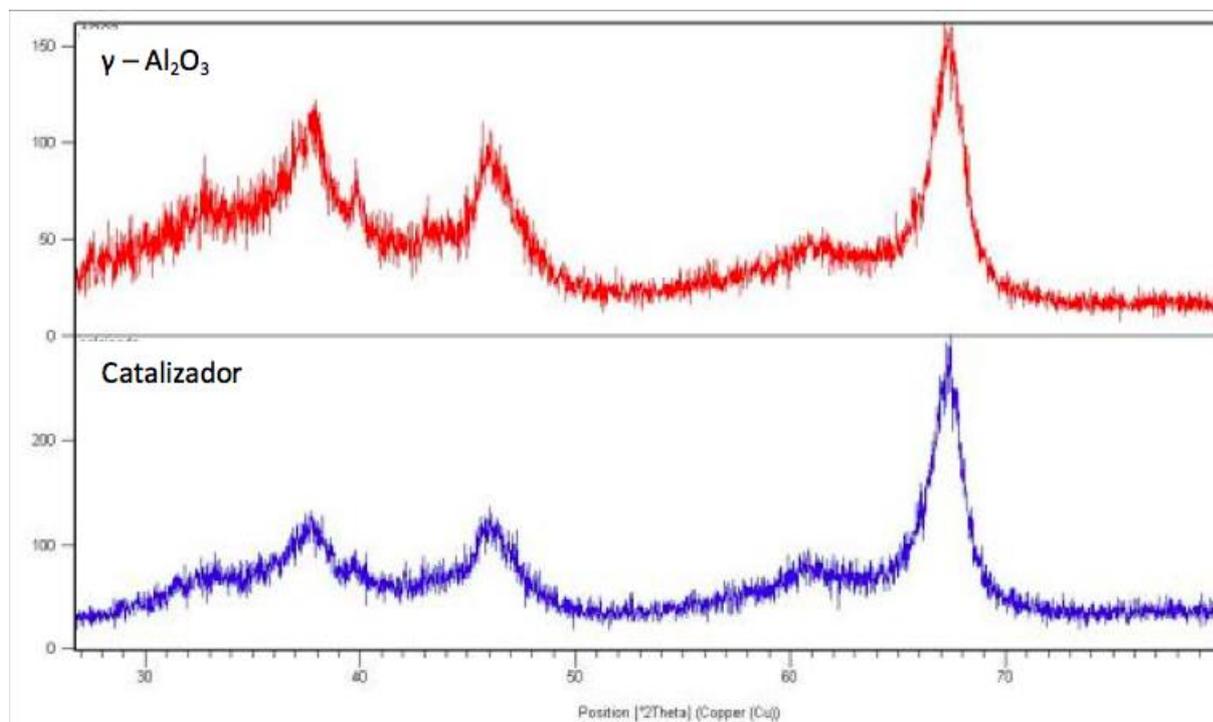


Figura 1. Difractograma de la alúmina contra catalizador

La gráfica anterior arroja información en cuanto a la composición del catalizador y su estructura. Los picos bien definidos revelan en ambos casos una estructura cristalina, sin embargo no se aprecian cambios en la curva del catalizador con respecto a la alúmina. Es probable que debido a que la impregnación se llevó a cabo en presencia de agua y el KOH se disocia el potasio esté bien disperso en la alúmina y los hidróxidos formados al momento de la calcinación se van, esto no se puede observar en el difractograma porque el potasio no refracta por lo que es probable que esté contenido en la misma fase del catalizador.

B. Reacción de transesterificación.

El rendimiento de la reacción de transesterificación se muestra en la tabla 4 dónde se calcula el porcentaje de los ácidos grasos obtenidos.

Tabla IV. Rendimiento de la reacción de transesterificación.

Tiempo de reacción	Masa de muestra (g)	Ácidos grasos obtenido (g)	Rendimiento (%)
6 horas	15	10.05	67
9 horas	15	11.25	75
12 horas	15	11.49	76.6

La transesterificación de 6 y 9 horas se realizó dentro de las siguientes 48 horas una vez preparado el catalizador. En la reacción de 12 horas se hizo un intento después de una semana activo sin resultados positivos ya que se esperaba que el rendimiento fuera mayor que a las otras 2 pruebas previas, sin embargo apenas alcanzo el 23% de rendimiento; por lo que se volvió a activar metiéndolo en una mufla a 500°C durante 5 horas y se utilizo dentro de las siguientes 24.

El biodiesel obtenido de 9 horas no se vio afectado por la forma de extracción de la grasa (Soxhlet), ya que se esperaba que el rendimiento no estuviera dentro del rango del biodiesel de 6 y 12 horas, es decir, se esperaba menor al de 6 horas o, de lo contrario, mayor al de 12 horas.

C. Características fisicoquímicas.

La tabla 5 muestra que los valores obtenidos son muy similares y, además se comparan con los resultados de la bibliografía consultada. En el caso del hollín se determinó que fue despreciable ya que la balanza utilizada no marcó una diferencia de pesos del pañuelo utilizado antes y después de quemar el biodiesel; por lo que se tendría que usar una balanza con mayor precisión para determinar éste parámetro.

Tabla V. Comparación del biodiesel obtenido con bibliografía consultada.

Parámetro	Biodiesel 6h	Biodiesel 9h	Biodiesel 12h	Promedio	Cerdeira	Montenegro
Densidad (g/cm ³)	0.856	0.832	0.828	0.838	0.856	0.858
Viscosidad (cm ² /s)	0.0574 a 25°C	0.0712 a 25°C	0.0645 a 25°C	0.0643 a 25°C	0.0754	0.047 a 40°C
Hollín (g)	-----	-----	-----	-----	Despreciable	-----
pH	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8	7-8

D. Análisis cualitativo y cuantitativo.

La identificación de los metil esterres se hizo en base a los tiempos de retención del estándar. Los tiempos mostrados en los cromatogramas del biodiesel se compararon con el del estándar.

Tabla VI. Tiempos de retención para cada muestra de biodiesel (análisis cualitativo).

Ácido	Tiempo de retención estándar (min)	Tiempo de retención biodiesel 6h (min)	Tiempo de retención biodiesel 9h (min)	Tiempo de retención biodiesel 12h (min)	% de error promedio
Mirístico	8.058	8.514	8.208	7.985	21.23
Palmítico	11.874	11.952	11.877	11.996	6.77
Palmitoleico	12.466	12.298	12.311	12.309	16.00
Estearico	12.843	12.742	12.462	12.601	24.13
Oleico	12.993	12.922	12.827	12.934	9.87
Linoleico	13.734	13.920	13.920	13.952	19.67
Linolenico	14.921	14.886	14.786	14.421	22.33

Se observa en la tabla 6 que los resultados obtenidos son muy similares a los de otras publicaciones, la variación puede depender de varios factores, como puede ser la temperatura, el tiempo de reacción, la materia prima, etc.

La tabla 7 correspondiente a la cromatografía de gases que se realizó al biodiesel y el porcentaje de ácidos grasos para cada uno. Los puntos A y B son ciertos compuestos que no tiene el estándar de esterres y por tanto no se pudo deducir que es. Se puede ver que el ácido graso en mayor concentración es el oleico seguido del palmítico.

Tabla VII. Porcentaje de ácidos grasos por biodiesel (análisis cuantitativo).

Ácido graso	Biodiesel 6h	Biodiesel 9h	Biodiesel 12h	Promedio (%)
Mirístico (%)	1.28	1.07	0.96	1.10
A (%)	1.13	1.23	1.25	1.20
Palmitico (%)	24.74	25.1	24.76	24.87
Palmitoleico (%)	3.16	4.29	4.32	3.92
Esteárico (%)	2.03	2.64	2.72	2.46
Oleico (%)	50.77	44.96	40.84	45.52
Linoléico (%)	8.54	12.77	17.51	12.94
B (%)	5.92	6.13	6.12	6.06
Linolénico (%)	2.4	1.77	1.48	1.88

El promedio del % de error del tiempo de retención se calculo restando el tiempo de retención del estándar con el de la muestra de biodiesel. El promedio es de los tres biodiesel en relación al tiempo de retención del estándar. Sin embargo, en los cromatogramas se observó la presencia de picos más pequeños esto se debe posiblemente a que corresponden a ácidos insaturados o saturados que no contiene la mezcla de esterés.

IV. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de rendimiento de la reacción de transesterificación fue bueno con un 76.6% para el biodiesel de 12 horas. Por otra parte, el rendimiento en la obtención de la grasa de pollo no fue el esperado, apenas llegó al 39.16%, se considera que se puede buscar una forma más óptima para su obtención y el porcentaje de rendimiento sea mayor extrayendo la grasa emulsificada.

Los parámetros de calidad fueron aceptables en cuanto a la densidad, pH, viscosidad y hollín. La composición del biodiesel muestra que los ácidos que están en mayor proporción son el palmítico, oleico y linoléico como reportan otros autores utilizando otros métodos de obtención.

Los tiempos de reacción sí influyen en la cantidad del producto obtenido, ya que en comparación con el biodiesel de 6 de 12 horas, éste último tuvo un mayor rendimiento. En cuanto al biodiesel de 9 horas creemos que la forma de haber extraído la grasa por el método Soxhlet sí influyó en la viscosidad de éste, puede ser porque previo a la transesterificación la grasa se había sometido a otra reacción.

Otro factor importantes es el uso de un catalizador soportado, ya que no se necesita una purificación antes de la transesterificación reduciendo el uso de agua para el lavado del biodiesel y con un porcentaje de rendimiento aceptable. Además se utilizó muy poca agua para llegar a un pH entre 7 y 8, es decir, casi neutro. La única desventaja del catalizador fue que se desactiva en poco tiempo, por tanto antes de su uso para la reacción ya se debe tener todo listo para llevarla a cabo.

V. REFERENCIAS

- [1] Acosta, F., Castro, P., Cortijo, E., (2008). Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiésel a pequeña escala. Practical Action. Lima.
- [2] Babajide, O., Petrik, L., Musyoka, N., Amigun, B., Amer, F., (2010), Use of Coal Fly as a Catalyst in the Production of Biodiesel, Stellenbosh, South Africa.
- [3] Bergada O., (2007), Diseño de catalizadores para una obtención limpia de 2-feniletanol, Departament de Química Física y Inorgánica, Universidad Rovira i Virgili, p. 25-48
- [4] Cabello, A., (2006), Energías Alternativas: Solución para el Desarrollo Sustentable, Adnuma, Chile.

- [5] Cerdeira, S., Haim, L., Biodiesel en el Laboratorio Escolar, Fundación de Escuelas de San Juan, Argentina. Recuperado el 30 de Octubre de 2014: http://www.porquebiotecnologia.com.ar/adc/uploads/pdf/Biodisel_laboratorio_escolar.pdf
- [6] Chorkendorff I., & Niemantsverdriet J. W. (2007). Concepts of modern catalysis and kinetics, second edition John Wiley & Sons, p. 1-20.
- [7] Diario Oficial de la Federación (DOF), (2008), Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, México, p- 1-3.
- [8] Díaz C. (2010), Catálisis, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid. (Publicación en línea). Consultado el 30 de noviembre de 2014. Disponible en: <http://www.uam.es/docencia/reyero00/docs/catalisis.pdf>
- [9] IPCC, (2013), Cambio climático 2013, bases físicas. Resumen para responsables de políticas, Reino Unido y Estados Unidos.
- [10] Gómez, J., Samaniego, J., Antonissen, M., (2008), Consideraciones Ambientales en Torno a los Biocombustibles Líquidos, Santiago de Chile, Chile.
- [11] Greenpeace, (1999), Diesel: Hechos más Destacados Sobre las Emisiones, edición en español, Madrid, España.
- [12] Ministerio de Medio Ambiente, (2006), Análisis de Ciclo de Vida de Combustibles alternativos para el Transporte: Fase II. Análisis de Ciclo de Vida Comparativo del Biodiésel y del Diésel, España.
- [13] Montenegro, M., Sierra, F., Guerrero, C., (2012), Producción y Caracterización de Biodiesel a Partir de Aceite de Pollo, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.
- [14] National Renewable Energy Laboratory (NREL), (2009), Biodiesel Handling and use Guide, fourth edition, Department of Energy, United States.
- [15] Negrete M. L. (2012), Síntesis de Esferas de Alúmina Mesoporosa Utilizando un Surfactante Catiónico Utilizando un Tambor Rotatorio y un Agente Aglutinante, UAM Azcapotzalco, México.
- [16] Ríos, L., Castrillón, A., Zuleta, E., (2009), Producción de Biodiesel de Aceite de Palma con Catalizadores Básicos Heterogéneos Comparados con los Homogéneos Convencionales Revista del Instituto de Energía, Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el 05 de Noviembre de 2013: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147012854005>
- [17] Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), (2011), Biocombustibles: definición, ventajas y desventajas. (Publicación en línea). Consultado el 25 de enero de 2015. Disponible en:
- [18] <http://www.bioenergeticos.gob.mx/index.php/introduccion/definicion-ventajas-y-desventajas.html>
- [19] United States Environmental Protection Agency (EPA), (2007), Guidance for Biodiesel Producers and Biodiesel Blenders/Users, United States.