

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el proceso de purificación del aceite, se pudo observar, en el momento del filtrado algunas partículas sólidas retenidas en los diferentes filtros usados.

Se llevó a cabo el calentamiento del aceite después de la filtración para eliminar el agua presente, y así disminuir los riesgos de saponificación que afectan el rendimiento en la producción de biodiesel.

TABLA N° 4. Análisis del aceite empleado en la producción de biodiesel

Parámetro	Unidad	Resultado	Limites norma COVENIN 30-97
Densidad relativa (20 °C)		0.933	0.8969-0.926
Viscosidad (40 °C)	cSt	125.5	-
Índice de refracción (20°C)		1.4737	1.463-1.476
Índice de acidez	mgKOH/gaceite	3.328	2.0 (aceites vírgenes)
Acidez	%	1,673	0.1 (aceites vírgenes)
Punto de fluidez	°C	-0.5	-

Se consultó la norma COVENIN N° 30-97. Aceite y Grasas Vegetales Comestibles. Normas generales. (anexo 6.) donde se encuentran algunas propiedades estandarizadas que debe poseer un aceite nuevo para ser empleado.

Según la norma COVENIN mencionada anteriormente, la densidad relativa 20 °C de un aceite nuevo esta entre 0,8969-0,9260. Para el caso del aceite empleado en esta investigación, por medio del uso del picnómetro, se calculó (Anexo 1.) la densidad relativa obteniendo un resultado de 0,9330, comparando este valor con el estandarizado la discrepancia porcentual es de 0,7559% (Anexo 1.), indica que la exactitud de la medida es aceptable, que no esté dentro del rango, posiblemente sea por el uso excesivo del aceite.

El índice de refracción se determinó con el uso del refractómetro LEICA ABBE MARK II PLUS, según norma COVENIN N° 30-97 el valor esta entre 1,4630-1,4760.

El valor obtenido para el aceite en estudio es de 1,4737, por lo tanto, está dentro del rango y se cumple con las especificaciones.

Para el caso del índice de acidez (IA) se realizó una titulación, donde se preparó una solución patrón de hidróxido de potasio pesando 1,0000 g, rápidamente se diluyó en un vaso de precipitado con 10 mL de agua, y se trasvasó a un balón aforado donde se terminó de diluir para llegar al litro agua.

A parte, se preparó la solución a titular, mezclando en un Erlenmeyer 10 mL de alcohol isopropílico (2-propanol), 2 gotas de fenolftaleína y 1 mL de aceite, se procedió a titular hasta que se tornó un color rosa tenue y se obtuvo un volumen gastado de solución patrón de 3 mL.

Se calculó (Anexo 2.) y se encontró que el IA para el aceite empleado es de 3,328 mgKOH/gaceite. Según norma COVENIN 30-97 el valor debe estar en 2,0 mgKOH/gaceite para aceites nuevos, el porcentaje de discrepancia entre estos valores es de 66,4%, esta diferencia es debido a que el aceite sufrió degradación por el número de frituras y el tiempo de almacenamiento, además este valor de índice de acidez indica una alta presencia de ácidos grasos libres.

La acidez se calcula a partir del IA (anexo 3. Según ensayo norma COVENIN 325-02 (anexo 7.)) y dio como resultado 1,673%, según norma COVENIN la acidez de un aceite nuevo es de 0,1%, la alta acidez del aceite empleado revela la presencia de ácidos grasos libres que favorecen a la formación de jabón, sin embargo, según referencias, se necesita un valor de acidez menor al 3%, para que se pueda dar la reacción de transesterificación y favorecer el rendimiento en la producción de biodiesel.

El punto de fluidez es de $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el aceite vegetal usado, no hay normas estandarizadas del valor del punto de fluidez para el aceite vegetal, no obstante, este análisis puede servir como patrón de comparación para investigaciones posteriores.

La viscosidad se determinó utilizando el viscosímetro de Ostwald. La viscosidad cinemática del aceite a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ fue de 305 cSt y $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 125.5 cSt, se usó un capilar para ambos de 350, (cálculos mostrados en Anexo 4.). No se encontró una norma estandarizada de la viscosidad del aceite vegetal, sin embargo, referencias encontradas [31], la viscosidad del aceite de soya es de 61 cSt a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Comparando el aceite empleado para la reacción, tiene una viscosidad elevada, tal vez se deba al número de capilar escogido y a la degradación del aceite.

Para que se dé la reacción de transesterificación se necesitó determinar la cantidad de catalizador, se hizo a partir de la titulación para determinar la acidez del aceite, donde se obtuvo un volumen gastado de solución titulante de 3 mL. La cantidad de catalizador se calculó por referencias [30] que dicen que para un litro de aceite nuevo se debe utilizar 5,0 g de hidróxido de potasio para una pureza de 99% aproximadamente. Como el aceite empleado es usado se tiene que usar una mayor cantidad de KOH, la formula empleado para realizar este cálculo es la siguiente:

$X = V + 5,0$, donde X es la cantidad de hidróxido de potasio a utilizar en la reacción, V es el volumen gastado de solución titulante, en base a 1 litro de aceite.

En cuanto a la cantidad a emplear de metanol según referencias [30] debe ser el 20% del aceite a que se va emplear más un exceso, de forma que la reacción favorezca la formación de productos.

Parámetro	Unidad	Resultado	Límites norma ASTM D6751

P
ara la
reacción
se
empleó

500 mL de aceite vegetal usado, 110 mL de metanol y 4,0 g de hidróxido de potasio.

Se preparó el metóxido de potasio, tomando medidas de seguridad, pues esta sustancia es toxica, se calentó el aceite a 55-60°C, y se le añadió el metóxido de potasio, se mantuvo la temperatura y se agito suavemente por una (1) hora.

Luego de la reacción se separaron los productos obtenidos por decantación. El biodiesel impuro con restos de catalizador, metanol y jabón, se lavó con cierta cantidad de agua, los lavados se realizaron hasta que el pH del agua de lavado llego a 7, se observó un cambio en el producto, se colocó turbio, por la formación de emulsiones con el agua. Para eliminar esta agua, se procedió al deshidratado del biodiesel, utilizando un aireador de pecera, que hacia borbotear aire al biodiesel, se dejó por más de 24 horas, como queda agua contenida en el biodiesel, se procede a secarlo por evaporación calentándolo hasta 70-80°C, por 15 minutos.

TABLA N° 4. Caracterización del biodiesel producido

Densidad (20 °C)	g/ml	0.9	0.86-0.9
Viscosidad (40 °C)	CSt	35	3.5-5.0
Índice de refracción (20°C)		1.4718	-
Punto de ignición	°C	228	120 min.
Punto de humo	°C	127	
Punto de fluidez	°C	-3.2	
Punto de combustión	°C	240	

Se consultó la norma ASTM D6751-02 [2] de parámetros de calidad de biodiesel. La densidad se realizó a 20 °C y el resultado mostrado en la tabla se comparó con los valores de densidad según la norma ASTM D6751-02, está dentro del rango, por lo tanto, el producto obtenido satisface los requisitos exigidos, en cuanto a densidad.

La viscosidad cinemática se determinó con el viscosímetro de Ostwald, la prueba se realizó temperaturas de 22 °C Y 40 °C. A 22°C se utilizó un capilar de 350, obteniendo una viscosidad de 89.5 cSt. Para 40 °C se utilizó un capilar de 150 obteniendo una viscosidad de 35 cSt, según norma ASTM6751-02 la viscosidad para este combustible debe encontrarse entre 3,5cSt-5,0cSt. La diferencia entre estos dos valores se debe posiblemente al número de capilar escogido, sin embargo, si se compara con la viscosidad del aceite vegetal usado (125,5cSt) se aprecia como disminuye ampliamente la viscosidad.

El índice de refracción fue de 1,4700, El punto de humo es de 127 °C y el punto de combustión 240 °C, pero no se encontraron patrones ni normas estandarizadas para comparar estos resultados, pero puede servir como criterio de caracterización, para posteriores investigaciones.

El punto de ignición fue de 228 °C, el límite establecido por la norma ASTM D6751-02 es de 120 °C mínimo, por lo tanto, el combustible obtenido cumple con la norma, además, revela que el biodiesel no se evapora fácilmente, por lo que su almacenamiento a temperatura ambiente no presenta problemas.

El punto de fluidez es de -3,2°C, pero no se encontró patrones para comparar este resultado. Se produjo de biodiesel 329 mL, el rendimiento de la producción fue de 65,8% (calculado anexo 5.), un resultado positivo en base a la cantidad de materia prima

inicial (500mL) y además porque el aceite estaba excesivamente deteriorado debido a la reutilización del mismo.

En cuanto al estudio cinético de la reacción de transesterificación, se tomaron muestras en los siguientes tiempos 30,45 y 60 minutos. Como no se tenían estándares o patrones de referencias, se realizó el análisis cromatográfico (anexo 8.) con el método de alta resolución HPLC, pero no se pudo identificar los compuestos que contenían las muestras, por lo que no se conoció las concentraciones del producto y la cantidad de biodiesel formado a diferentes tiempos.

Sin embargo, en las muestras tomadas a 30 y 45 minutos se observó la formación de biodiesel.

Cuando se habla de muestras patrones, son de triglicéridos, diglicéridos y monoglicéridos que se supone deben estar presentes en las muestras, pues la reacción de transesterificación consta de tres etapas reversibles por medio de las cuales se parte de triglicéridos y alcohol, hasta obtener metiléster y glicerina, donde se tiene como productos intermedios la formación monoglicéridos y diglicéridos de los distintos ácidos grasos presentes en el aceite.

Según referencias encontradas de investigaciones sobre este tema [32,33], los estudios de la cinética de esta reacción se encontró que el modelo cinético que mejor se ajusta es el de segundo orden.

CONCLUSIONES

- Conforme con nuestro objetivo principal, se ha determinado la calidad del biodiesel obtenido por la transesterificación de los desechos de aceite comestible, quedando algunas de sus propiedades dentro de los parámetros establecidos por las normas ASTM D6751-02. Cabe destacar que estas normas son Estadounidenses, por cual, están hechas según sus condiciones climáticas.
- El rendimiento en la producción de biodiesel, utilizando como materia prima aceite vegetal usado, es de 65,8%. Resultado satisfactorio, pues el aceite empleado estaba muy deteriorado, y tenía cierta concentración de ácidos grasos libres, que favoreció de alguna manera la formación de jabón, haciendo difícil el proceso de purificación del biodiesel.
- El proceso de transesterificación es una buena opción para el aprovechamiento de aceite vegetal usado, ya que se recicla y se utiliza, disminuyendo de alguna forma el impacto que este desecho está causando al ambiente.
- La reacción de transesterificación ocurre a temperatura de 55-60°C, por lo que este proceso es seguro, ya que no se trabaja a altas temperaturas.
- Aunque el costo del biodiesel sea mayor que el diésel de origen fósil, la producción de biodiesel será viable cuando se tome conciencia del impacto que el diésel provoca al ambiente.
- Mezclando concentraciones de biodiesel con el diésel, se puede reducir las emisiones del combustible fósil.

- En cuanto el análisis cinético de la reacción de transesterificación no se tenían patrones de referencia de diglicéridos y monoglicéridos, compuestos intermedios en la reacción, por lo tanto, no se pudo identificar los compuestos presentes en las muestras, ni sus concentraciones. De igual forma se realizó la cromatografía con el método de alta resolución HPLC.