



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CHINÁ**

TESIS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

**PRESENTA:
MARCO AVELINO CHÁVEZ PÉREZ**

**ASESOR INTERNO:
NORMA LAURA RODRÍGUEZ ÁVILA**

**TÍTULO:
“ESTANDARIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA
OBTENCION DE BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITE VEGETAL DE
REÚSO”**

MAYO 2023



ESTANDARIZACIÓN DE UNA METODOLOGÍA PARA LA
OBTENCION DE BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITE VEGETAL DE
REÚSO

RESUMEN

En el presente trabajo se presenta un proceso para la obtención de biodiesel, un biocombustible elaborado a partir de mezclas de aceites de origen vegetal y grasas (de origen animal). Así, como materia prima, se empleó aceite de cocina usado, desarrollándose una alternativa para evitar el desecho de estos residuos al suelo o agua; concientizando a las personas al reciclaje, con el fin de obtener una nueva fuente de energía renovable. El aceite de cocina al ser combinado con agentes esterificantes, como el hidróxido de sodio e hidróxido de potasio, presentó la reacción llamada esterificación, importante para la separación de las moléculas de glicerina reemplazando esas moléculas con moléculas de alcohol; al dejar reposar la reacción, se notó la separación de fases: biodiésel/glicerina, tendiendo el biodiésel a estar en la parte superior de la glicerina. Se evaluaron varias concentraciones de alcohol, metanol, hidróxido de sodio e hidróxido de potasio con el objetivo de estandarizar un protocolo que con la concentración ideal de catalizadores. Esto con la finalidad de obtener un producto con la misma calidad e incluso superior que el diésel de origen mineral. Al realizar las pruebas de calidad se demostró la calidad y efectividad del producto.

PALABRAS CLAVE

Biocombustible, agentes esterificantes, protocolo, aceite reciclado, energía renovable.

INDICE

1.INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
2. MARCO TEÓRICO.....	- 3 -
2.1 Estandarización.....	- 3 -
2.1.1 Definición.....	- 3 -
2.2. BIODIÉSEL.....	- 4 -
2.2.1. Definición.....	- 4 -
2.2.2. Características de los biocombustibles.....	- 4 -
2.2.3 Materias primas para la elaboración de biocombustibles.....	- 6 -
2.3. Metodologías para la producción de biodiésel.....	- 7 -
2.3.1. Obtención de materia prima.....	- 7 -
2.3.2. Agentes Esterificantes y concentraciones.....	- 7 -
2.3.3. Proceso de Esterificación.....	- 7 -
2.3.4. Separación de Fases: Glicerina-Biodiésel.....	- 8 -
2.3.5 Refinado del Biodiésel.....	- 8 -
2.4. Productores de biodiesel en México.....	- 9 -
2.6. Análisis de la calidad del Biodiésel.....	- 10 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 12 -
3.1. Recolección del aceite comestible usado:.....	- 12 -
3.2. Filtrado:.....	- 12 -
3.3. Proceso de Esterificación.....	- 13 -
3.3.1 Mezcla de Etanol y Metanol con hidróxidos de Sodio y Potasio a diferentes concentraciones:.....	- 13 -
3.4. Concentraciones de Aceite con Metóxido de Sodio (1:1,4,8).....	- 13 -
3.5. Concentraciones de Aceite con Metóxido de Potasio (1:1,4,8).....	- 13 -
3.6. Concentraciones de Aceite con Etóxido de Sodio (1:1,4,8).....	- 13 -
3.7. Concentraciones de Aceite con Etóxido de Potasio (1:1,4,8).....	- 14 -
3.8. Reposo:.....	- 14 -
3.9. Decantación:.....	- 14 -
3.10. Purificación y refinado del biodiesel:.....	- 14 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	- 16 -
5. CONCLUSIONES.....	- 20 -
6. RECOMENDACIONES.....	- 20 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rendimientos obtenidos con la primera combinación: Aceite + Metóxido de Potasio.....	-16
Tabla 2. Rendimientos obtenidos con la segunda combinación Aceite + Metóxido de Sodio.....	-16
Tabla 3. Rendimientos obtenidos con la tercera combinación Aceite + Etóxido de Potasio.....	-17
Tabla 4. Rendimientos obtenidos con la cuarta combinación Aceite + Etóxido de Sodio.....	-17

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema representativo del proceso general para la obtención de biodiesel.	-9
Figura 2. Concentrado general de resultados obtenidos en el proceso de esterificación con diferentes ensayos de metóxido y etóxido de sodio y potasio respectivamente.....	18

1.INTRODUCCIÓN

El ser humano desde tiempos remotos, siempre ha buscado la manera de generar energía; las más usadas son las derivadas de combustible fósil, el cual lleva muchos años para su formación en las capas del subsuelo. Actualmente resentimos el impacto del uso de dichos combustibles en el ambiente, debido a las fuertes emisiones de CO₂ (Rubio, 2010); por esto se intensifica la búsqueda de energía con dos vertientes importantes: que sea renovable y limpia, y sobre todo que, no tenga impacto severo en el medio ambiente.

En el área de la biotecnología se está investigando en la elaboración de combustibles a partir de la biomasa de las plantas; a este producto se le llama biocombustibles (SAGARPA, 2013). Sin embargo, en México debido a la falta de infraestructura, se ve mermado el avance en materia de producción de biocombustibles.

El biodiesel es un combustible líquido producido a partir de materias renovables, tales como los aceites vegetales o grasas animales. Cabe mencionar que actualmente sustituye parcial o totalmente al diésel convencional usado en motores diésel. La producción mundial de biocombustibles se encuentra en pocos países; en el 2006, cerca del 75% se produjo en Europa, donde Alemania aportó el 55% y Estados Unidos produjo acerca del 25% (Inter-American Institute for Co-operation in Agriculture, 2010).

Los biocarburantes son el resultado de los procesos biológicos de conversión en energía proveniente de material vegetal y de otros desechos, y presentan atributos similares a los que presentan combustibles de origen mineral. Se tiene confianza en esta alternativa de energía renovable, dado que ha demostrado ser eficiente. Sin embargo, es necesario establecer el porcentaje de materia prima que será destinada a consumo humano y la destinada a la producción de biodiésel (Roldan Viloria, 2013). Una mejor alternativa para generar biocarburantes resulta ser el uso de aceites ya utilizados en la elaboración de alimentos.

De acuerdo con lo anterior, con el fin de aportar con una nueva estrategia para el desarrollo sostenible, el presente estudio tiene como objetivo establecer una metodología de reúso del aceite vegetal de comida de desecho, con el fin de evitar que llegue al suelo y por consecuente al manto freático, desencadenando una serie de problemas para los organismos edáficos.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estandarización

2.1.1 Definición

La estandarización, tiene como objetivo unificar todas las posibles características para que sea universal y pueda ser utilizado y/o replicado en todo el mundo, según la Secretaría de Gobierno de México (2015) “La estandarización es el proceso de ajustar o adaptar características en un producto, servicio o procedimiento; con el objetivo de que éstos se asemejen a un tipo, modelo o norma en común.”

De acuerdo con Espindola Perez y Hernandez-Gonzalez, (2020) contar con procesos estandarizados dentro de una organización, puede resultar una labor ardua, pues es una serie de operaciones sucesivas normalizadas para completar un objetivo que, de igual manera debe permitir una ejecución homogénea sin importar el personal o sede de realización del proceso.

La estandarización es algo imprescindible que ha existido desde hace tiempo atrás, un ejemplo: las horas, se dividen en 60 minutos y a su vez en segundos. Así como las medidas son estándares cotidianos que tanto como en México o en otra parte del mundo equivalen a lo mismo. Acorde con Vazquez Peña y Labarca, (2012) Los estándares han existido desde el principio de la historia registrada desde las antiguas civilizaciones de Babilonia y Egipto, intentando darle un seguimiento a los días, así como los Sumerios ideando un calendario muy similar al de nuestros días, por lo que los Egipcios fueron los primeros en desarrollar el calendario estandarizado en todo el mundo, dividido en 365 días.

Por lo que recapitulando, la estandarización trasciende desde tiempo y generaciones, de ahí la importancia para establecer una metodología y obtener siempre los mismos resultados cada vez que se recree en cualquier parte del mundo.

2.2. BIODIÉSEL

2.2.1. Definición

El biodiesel nace a partir de la problemática del abuso y explotación de los combustibles de origen fósil por lo que muchos investigadores se han motivado por encontrar energías alternativas en vez de petróleo y sus derivados (Energia, 2015)

EL biodiesel es un combustible líquido producido a partir de materias renovables, como los aceites vegetales o grasas animales.(Medina Ramirez, Chavez Vela, y Jauregui Rincon, 2012) concordando con Ramos Castellanos, (2008) el termino biodiesel no tiene una definición concreta, pero puede definirse como carburante elaborado a partir de aceites vegetales o grasas animales.

Según Repsol (2023) Su uso principal es como biocombustible renovable en vehículos, así como su posible uso en calderas calefactoras domésticas específicas para biodiesel.

Por lo que simplificando el término Biodiesel, es la transformación de los aceites usados o vírgenes mediante la mezcla de alcoholes con los agentes esterificantes, y así poder ser utilizados en vehiculos o simplemente como un ignitor en una fogata.

2.2.2. Características de los biocombustibles

Principalmente una de las características primordiales es que se elaboran con materiales producido por seres vivos: alcoholes, éteres, ésteres y otros compuestos químicos a partir de los tejidos de plantas y animales, así como los residuos de la industria de alimentación tanto como de la actividad forestal y agricultura. (Espinoza de Aquino, Goddard Juarez, Gutierrez Arellano, & Bonfil Sande, 2009)

De acuerdo con la revista National Geographic (2022) los biocombustibles con alternativas a sus homólogos como el Diesel y etanol, por lo que puede ser producido por a partir de tejidos animales y vegetales, por lo tanto, es una opción para reducir la dependencia de combustibles de origen fósil y sus gases de efecto invernadero.

Una de las muchas ventajas es que, cualquier país podría producir biocombustibles, pero en contra parte, no todos los países en vías de desarrollo tienen la infraestructura para crearla.

Según el artículo de Huacuz JM (2001) México tiene un gran potencial para la producción de biodiesel a pesar de la abundancia de materia prima, la producción de ella es mínima debido a la falta de infraestructura y aplicaciones de metodologías.

El biodiesel, un combustible alternativo, cuyas materias primas para elaborarlo son principalmente aceite de soja y palma, según un diario Suizo menciona que en el territorio de las Américas se tiene una ventaja al ser el mayor agroexportador del mundo brindando seguridad alimentaria y energética al mundo, por lo que es un lugar estratégico para la producción de biodiesel de acuerdo al contexto bélico que se vive en Rusia, motivo por el cual se elevan los precios de los combustibles de origen fósil.

Reiterando que México cuenta con una importante industria alimentaria por lo que constituye una fuente potencial de residuos para la producción de Biodiesel.

2.2.3 Materias primas para la elaboración de biocombustibles

Como se hizo mención con anterioridad, los biocombustibles se pueden elaborar a partir de cualquier tejido de algún ser vivo y depende del cultivo energético

disponible en cada país, por lo que se dividen en tres tipos de biodiesel a partir de la materia prima a utilizar: Biodiesel de Primera, Segunda y Tercera Generación.

El biodiesel de Primera generación según el (Grupo Banco de Patentes de la Superintendencia de Industria y Comercio, 2011) es aquella biomasa que se emplea para la producción de alimentos y cultivos oleaginosos como Colza, Palma de aceite, soja, girasol, jatropha, higuera, maíz, entre otros.

El biodiesel de Segunda Generación no compite con productos destinados a la alimentación a diferencia del biodiesel de primera generación, por lo que se emplean materiales lignocelulósicos como los provenientes de residuos agrícolas y procedentes de la madera, así como residuos de la industria alimentaria (Faba, Díaz, y Ordoñez, 2014).

El biodiesel de Tercera Generación se produce a partir de materias primas de cultivo acuático, así como algas y microalgas, siendo de suma importancia para los seres vivos, proveyendo alimento y nutrientes vitales, así como oxígeno (Torres Espinoza, 2021).

Es importante hacer alusión, que el biodiesel de segunda y tercera generación han adquirido mayor auge en los últimos años ya que al ser materia prima no comestible, no afecta al tema de crisis y escasez alimentaria. (Britton-Acevedo, Vega-Jurado, y Lombana, 2017)

Desde el punto de vista crítico se le debe de dar mayor importancia a los biocombustibles de segunda y tercera generación, ya que al ser desechos no aptos para el consumo humano, se evita la explotación de campos y destrucción de hábitats para la ejecución de monocultivos destinados a la producción de biodiesel.

2.3. Metodologías para la producción de biodiésel

2.3.1. Obtención de materia prima

Para la elaboración de biodiesel de acuerdo con diversos autores, como paso primordial, inicia desde la adquisición de materia prima ya sea aceite vegetal virgen de bajo índice de acidez (Trujillo, Ñique Mesia, y Yoel Guerrero, 2018) o aceite usado, sin impurezas ni humedad, (Davila Barrera y Cortes Lopez, 2017) o extraído de semilla de higuera (Sandoval-Salas, et al., 1).

2.3.2. Agentes Esterificantes y concentraciones.

Para Trujillo, Ñique Mesia, y Yoel Guerrero, (2018) los reactantes empleados en su metodología de producción de biodiesel, son Metanol (CH_3OH) en relación 12:1 metanol/aceite; Hidróxido de Sodio (NaOH) en relación al 0.6%. por el contrario, para Davila Barrera y Cortes Lopez, (2017) Sandoval-Salas, et al., (1) adoptan Metanol (CH_3OH) e Hidróxido de Potasio (KOH) en proporción 15:1 metanol/aceite y 1% de Hidróxido de Potasio. Y el porcentaje de metanol respecto al volumen de aceite destinado (10, 25 y 40 %), la concentración de catalizador (0.5, 1.0 y 1.5 % de KOH) respectivamente.

2.3.3. Proceso de Esterificación

En la metodología utilizada por Trujillo, Ñique Mesia, y Yoel Guerrero, (2018) someter el aceite a una temperatura de 60 °C en un reactor, ya sea un matraz erlenmeyer o vaso precipitado, una vez alcanzada la temperatura, adicionar el Metanol + Hidróxido de Sodio diluido previamente, agitar durante 45 min. Mientras procede la reacción.

Mientras tanto Davila Barrera y Cortes Lopez, (2017) Realizaron las pruebas en un reactor automatizado de tipo Batch, por lo que analizaron dos pruebas por cada una de las temperaturas 50 °C, 55 °C y 60 °C, partiendo como base 1 litro de aceite adicionado con 15% de Metanol y 1 % de Hidróxido de Potasio.

Cabe hacer mención que Sandoval-Salas, et al., (1) realizaron pruebas por triplicado a diferentes concentraciones en relación a las concentraciones de Metanol (10, 25 y 40 %) e Hidróxido de Potasio (0.5, 1.0 y 1.5 %) empleando una temperatura fija de 65 °C, en agitación mecánica de 100 rpm durante 2 horas.

2.3.4. Separación de Fases: Glicerina-Biodiésel

Una vez concluido el tiempo dedicado para el proceso de esterificación, se dejan reposar para que por medio de decantación, se separe el biodiésel de la glicerina, Davila Barrera y Cortes Lopez, (2017), para Trujillo, Ñique Mesia, y Yoel Guerrero, (2018) dejar decantar por dos horas en una superficie semi abierta, comparado con Sandoval-Salas, et al., (1) bastó con 30 minutos de reposo en un embudo de separación después de la homogenización.

2.3.5 Refinado del Biodiésel

De acuerdo con el protocolo usado para la producción de biodiesel Trujillo, Ñique Mesia, y Yoel Guerrero, (2018) Filtran el biodiésel ya refinado y frío, con un papel filtro dentro de un embudo apoyado de una base universal, vertiendo poco a poco el producto, Por otra según el protocolo de extracción de biodiesel a partir de semilla de higuera según Sandoval-Salas, et al.,(1) solo se limpió con agua el biodiésel por 3 veces, centrifugándolo a 5000 rpm por 5 minutos.

Por lo que a grandes rasgos el proceso de elaboración de biodiesel se representa de la siguiente manera (Fig. 1), con el fin de optimizar procesos y cantidades de reactivos:

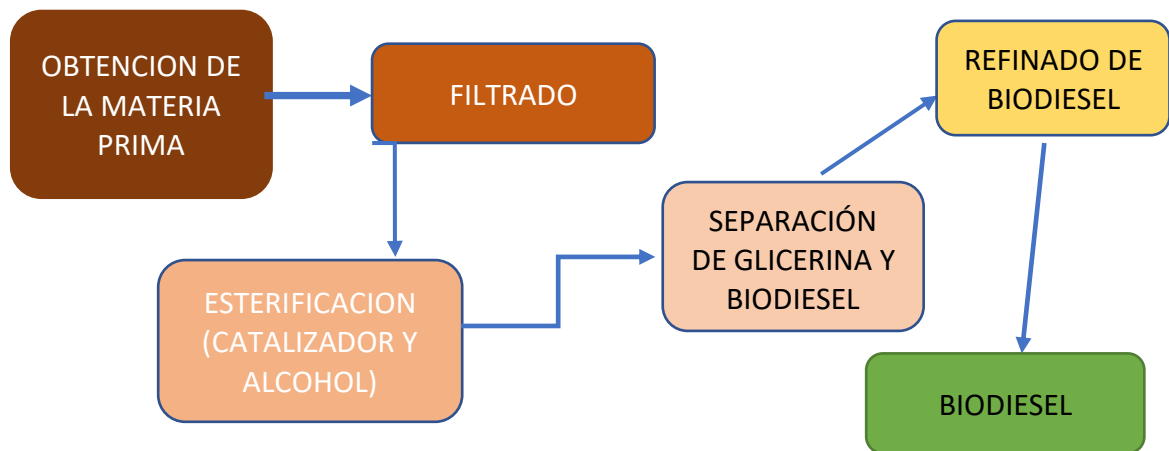


Figura 1: Esquema representativo del proceso general para la obtención de biodiesel.

2.4. Productores de biodiesel en México

En México en los últimos años, se ha implementado el uso de biocombustibles con el fin de reducir la dependencia de combustibles de origen fósil ayudando también a la reducción a la reducción del cambio climático. A continuación, se enlistará empresas que se dedican a la producción y preparación de materia prima para la elaboración de biodiésel en México: (Cabrera-Mungia, Romero Galarza, Lopez Montes, Rios Gonzales, y Leyva Inzunza, 2022)

- Probioram S. de R.L. de M.I (2013)
- RicinoMex (2017)
- Cooperativa Agrícola Luz Michell S.C. de R.L. de C.V. (2015)
- Central de Abastos CEDA (2020)

- Enrimex (2014)
- Grima biodiésel (2010)
- Biorecen (2011)

Y estas empresas se dedican a la producción de biodiésel a partir de aceite comestible usado (Riegelhaupt, Odenthal, y Janeiro, 2016)

- Biodiésel Moreco (2010) Michoacán, Guanajuato y Querétaro
- Biofuels México (2005) Puebla, Toluca, Cuernavaca, Jalisco, Chiapas, Veracruz, Querétaro, Quintana Roo
- Reoil México (2008) CDMX y Toluca
- Solben (2009) Monterrey

En el Estado de Campeche no se tiene registro de plantas para la producción de biodiésel de primera, segunda y tercera generación, pero de acuerdo con El Economista, (2020) en el Estado, se otorgan financiamientos para nuevas plantaciones e infraestructura para la producción de Palma de Aceite, agregando que, en Campeche, hay establecidas plantaciones de palma de aceite, representando el 4% del territorio Estatal, siendo esta un total de 29,000 hectáreas.

2.6. Análisis de la calidad del Biodiésel

En la actualidad, se exhibe un acontecimiento llamado Globalización, debido al desarrollo de tecnologías de la información, en donde la población se ve vulnerado a cambiar ciertas creencias o percepciones sobre un producto en particular, aumentando las exigencias de consumidores, por lo que las empresas se ven obligadas a mejorar sus sistemas de producción para mejorar la calidad. (Nava Carbellido, 2005)

El término calidad ha tomado diferentes significados referenciando a los materiales empleados, así como al producto resultante y a la manera de producirlo (Alvarez Gallego, 2006)

El análisis de la calidad del biodiésel es de suma importancia, ya que en el producto final pueden resultar ciertas sustancias dañinas como la glicerina, que obstruyen el sistema de alimentación, inyectores y motor. (Dorado Perez y Font Montesinos, 2007) por lo que para Hernandez-Nazario, Benitez-Fonseca, Aguilera-Navarro, (2018) se acreditó el biodiésel obtenido con pruebas físicas y químicas a través de parametros como densidad, índice de refracción, pH, comparando sus resultados con otros autores.

Una de las organizaciones para el desarrollo de normas de control de calidad es la ASTM International (American Society for Testing and Materials) la cual se enfoca en buscar estandarizar procesos basados en internet o investigaciones por medio de clasificaciones, guías, pruebas, especificaciones con el objetivo de satisfacer al cliente desarrollando competitividad de las empresas.

Por lo que uno de los analisis químicos empleados para medir los parámetros en la producción de biodiesel según la ASTM (2020) son: Punto de inflamación, metanol, agua y sedimento, viscosidad cinemática, cenizas sulfatadas, estabilidad a la oxidacion, azufre, corrosión de tiras de cobre, índice de cetano, punto de enturbiamiento, indice de acidez, residuo de carbono, glicerina total y libre, fósforo, reducción de temperatura de destilación a presión.

Por otra parte para la Norma Europea (EN) considera en sus parámetros los siguientes valores: Densidad, Viscosidad, punto de inflamación, residuos de carbono, cenizas sulfatadas, corrosividad al cobre, punto de obstrucción de filtro en frío, azufre total, sodio con potasio, calcio con magnesio, fosforo, agua, contaminación total, estabilidad oxidativa, número de cetano, índice de acidez,

metanol o etanol presente, contenido de ésteres, monoglicéridos, diglicéridos, triglicéridos, glicerina libre, glicerina total, índice de yodo, ácido linolénico, ésteres metílicos con mas de cuatro insaturaciones. (Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía, 2020)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración del biodiesel se tomó como base el manual de prácticas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (2012). Ya que en dicho manual realizó el proceso a diferentes concentraciones de aceite y metanol + hidróxido de sodio, (1:1), (1:4), (1:8). Por lo que se complementa con la combinación de metanol + hidróxido de potasio, etanol + hidróxido de sodio y etanol + hidróxido de potasio.

3.1. Recolección del aceite comestible usado

Se recolectará el aceite de los puestos de comida del poblado de Chiná por semana, hasta recaudar un frasco de aceite usado con un volumen de 4 litros. Se almacenarán en el taller de Biotecnología Vegetal del Instituto Tecnológico de Chiná, para posteriormente elegir los aceites con menor tonalidad café (quemados).

3.2. Filtrado

Se filtrará el aceite recolectado, se usará un colador para extraer los restos de comida, dependiendo de cuán sucio se encuentre el aceite se usará unas telas, con el fin de eliminar todo el excedente de comida posible. Se envasarán en frascos de 2.5 L de volumen, previamente lavados para su resguardo y control.

3.3. Proceso de Esterificación

3.3.1 Mezcla de Etanol y Metanol con hidróxidos de Sodio y Potasio a diferentes concentraciones:

Tomando en cuenta las siguientes combinaciones y proporciones, en donde el numero 1, representa el aceite, y las demás variables 1,4,8, es la concentración de metóxido o etóxido según sea el caso:

Metanol + Hidroxido de Sodio (1:1, 1:4, 1:8) con 1lt de Aceite vegetal de reúso

Metanol + Hidroxido de Potasio (1:1, 1:4, 1:8) con 1lt de Aceite vegetal de reúso

Etanol + Hidroxido de Potasio (1:1, 1:4, 1:8) con 1lt de Aceite vegetal de reúso

Etanol + Hidróxido de Sodio (1:1, 1:4, 1:8) con 1lt de Aceite vegetal de reúso

3.4. Concentraciones de Aceite con Metóxido de Sodio (1:1,4,8)

Se añadirá 1,4 y 8 L de Metanol según sea el caso con 3.5 gr. de hidróxido de Sodio por litro de aceite. se agitará por una hora por medios mecánicos a una temperatura que oscile entre 45°C a 50°C hasta quedar homogéneo.

3.5. Concentraciones de Aceite con Metóxido de Potasio (1:1,4,8)

Se añadirá 1,4 y 8 L de Metanol según sea el caso con 3.5 gr. de hidróxido de Potasio por litro de aceite. se agitará por medios mecánicos por una hora a una temperatura que oscile entre 45°C a 50°C hasta quedar homogéneo.

3.6. Concentraciones de Aceite con Etóxido de Sodio (1:1,4,8)

Se añadirá 1,4 y 8 L de Etanol según sea el caso con 3.5 gr. de hidróxido de Sodio por litro de aceite. se agitará por una hora por medios mecánicos a una temperatura que oscile entre 45°C a 50°C hasta quedar homogéneo.

3.7. Concentraciones de Aceite con Etóxido de Potasio (1:1,4,8)

Se añadirá 1,4 y 8 L de Etanol según sea el caso con 3.5 gr. de hidróxido de Potasio por litro de aceite. se agitará por una hora por medios mecánicos a una temperatura que oscile entre 45°C a 50°C hasta quedar homogéneo.

3.8. Reposo

Se dejará Reposar un tiempo de 12 horas en un recipiente semi abierto, para que se efectuara la separación de fases, glicerina/biodiésel.

3.9. Decantación

Al término del tiempo de reposo, se extraerá solo el biodiesel sin glicerina con la ayuda de una pipeta. La glicerina se almacenará para su posible uso en otros subproductos.

3.10. Purificación y refinado del biodiesel

Con el biodiesel que se obtendrá se colocará en un embudo de cristal de 500 ml, para este procedimiento se colocará 250 ml de biodiesel y después se colocará 250 ml de agua destilada a 30°C con una gota de vinagre, para agitar con una varilla de vidrio y reposar por 10 minutos.

Al termino de los 10 minutos la glicerina se encontrará acumulada en el fondo del embudo, para su decantación repitiendose el proceso dos veces.

Por último se dejará el biodiesel en baño María por una hora, para evaporar los residuos de agua, esto se notara en su turbulencia, entre menos turbia, menos moléculas de agua tendrá, hasta quedar con un color claro.

Una vez llevado el proceso de purificación se obtiene el Biodiesel.

Este proceso se repetirá con cada una de las combinaciones y proporciones mencionadas con anterioridad, con el fin de evaluar que proporción es mas viable y con mayores resultados en biodiésel.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados conseguidos en la elaboración de biodiesel a partir de aceite vegetal de reúso (Tablas 1-4), en donde se alternó con las concentraciones de metóxidos y etóxidos con diferentes catalizadores como el hidróxido de potasio e hidróxido de sodio, por lo que el rendimiento de biodiesel obtenido se presenta en porcentaje (%). Se señala en verde el ensayo con el mejor rendimiento.

Tabla 1. Rendimientos obtenidos con la primera combinación: Aceite + Metóxido de Potasio	
ENSAYO	RENDIMIENTO OBTENIDO %
1:1	70%
1:4	85%
1:8	80%

Tabla 2. Rendimientos obtenidos con la segunda combinación Aceite + Metóxido de Sodio	
ENSAYO	RENDIMIENTO OBTENIDO %
1:1	77%
1:4	88%
1:8	70%

Tabla 3. Resultados obtenidos con la tercera combinación Aceite + Etóxido de Potasio	
ENSAYO	RENDIMIENTO OBTENIDO %
1:1	73%
1:4	80%
1:8	88%

Tabla 4. Resultados obtenidos con la cuarta combinación Aceite + Etóxido de Sodio	
ENSAYO	RENDIMIENTO OBTENIDO %
1:1	80%
1:4	83%
1:8	87%

Como se puede observar, en el concentrado general de biodiésel obtenido (fig. 2) las combinaciones más destacables son $\geq$ al 85 % de rendimiento, resaltando la combinación 1:8 etóxido de potasio y combinación 1:4 metóxido de sodio, ambas con un rendimiento del 88% de biodiesel obtenido. Por lo que partiendo de esos datos obtenidos se discutirá la viabilidad del producto.

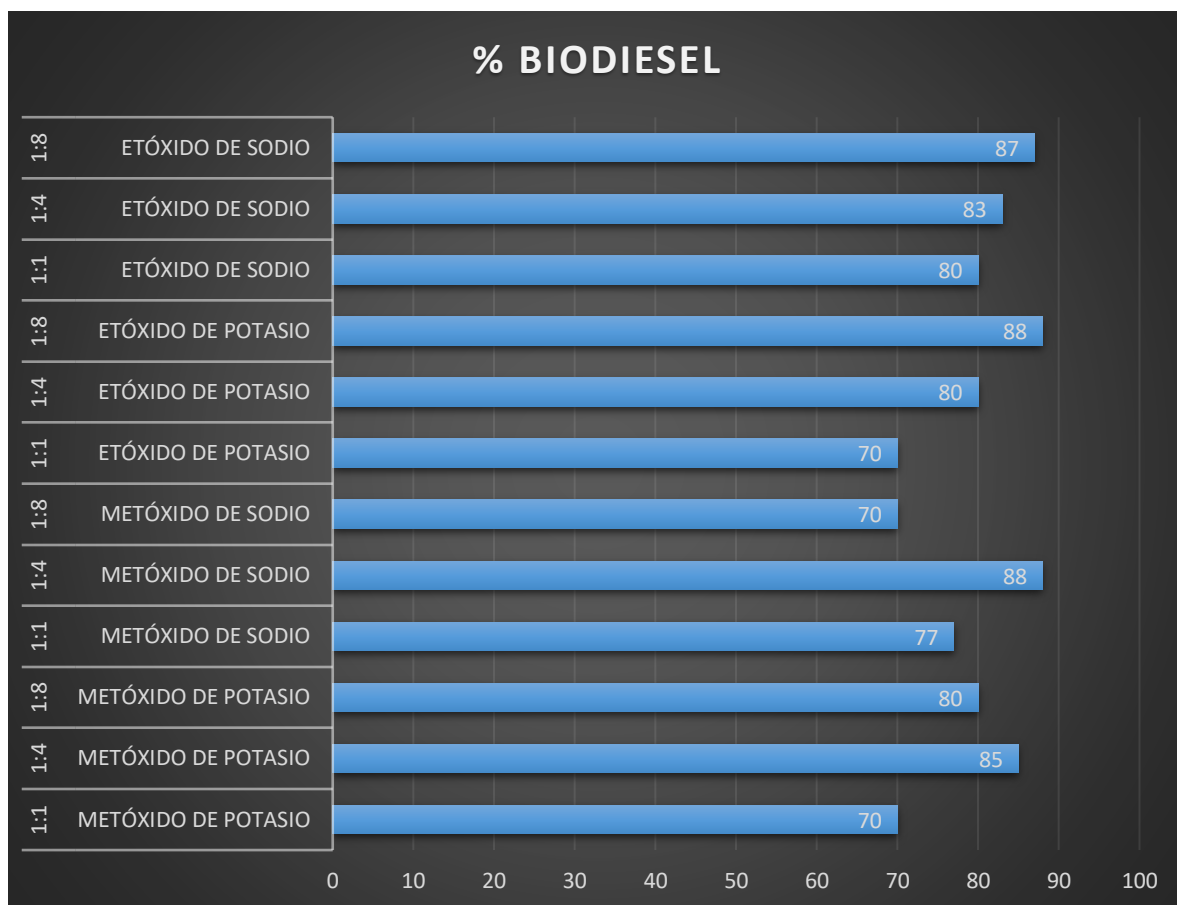


Figura 2. Concentrado general de resultados obtenidos en el proceso de esterificación con diferentes ensayos de metóxido y etóxido de sodio y potasio respectivamente.

En la reacción realizada para la obtención de biodiesel con pruebas realizadas en relación aceite:metóxido de potasio 1:4 se obtuvo un rendimiento del 85% de biodiesel, a comparación de Guerrero-Peña, et al., (2013) obtuvieron un rendimiento en relación aceite:metanol 1:4 del 86.65% empleando aceite crudo de semilla de palma de aceite.

Ramírez, Arteaga y Siche, (2012) obtuvieron un rendimiento del 77.8% en una relación metanol:aceite del 6:1 con catalizador de hidróxido de sodio (NaOH) resaltando que ellos emplearon aceite de colza silvestre (*Brassica campestris*) por lo que indagando precios en 2023, en diferentes plataformas de venta en internet,

el precio oscila desde los \$130.00 a \$140.00 pesos mexicanos por kilogramo, por lo que se difiere en usar esa materia prima debido al tema de costos.

En contraparte, Tejada et al. (2013) reporta con un ensayo de metanol:grasa de origen animal de 6:1 con el catalizador hidróxido de potasio (KOH), que obtuvieron un rendimiento del 70.5% de biodiesel obtenido con grasa de pollo, y del 90% de biodiesel obtenido a travez de grasa de cerdo; por lo que en el caso particular del rendimiento obtenido con la metodología reportada en el apartado de Materiales y Métodos, se obtuvo un rendimiento del 85% de biodiesel con relación aceite:metanol de 1:4, siendo este una buena opción ya que es menor la cantidad de metanol empleado abaratando costos; aunque cabe hacer mención que la grasa de cerdo se vende de manera comercial, agregando un costo extra en comparación del aceite vegetal usado en frituras, que simplemente es considerado un desecho.

Por lo que es importante elegir una materia prima de alta calidad y sobre todo garantizar su disponibilidad para asegurar el rendimiento y calidad del biodiesel producido.

5. CONCLUSIONES

El biodiesel es un producto importante en el campo de la energía renovable, que tiene como objetivo darle un segundo uso a aceites vegetales así como grasas animales, siendo este que en todos los negocios de antojitos muestreados es un desecho, por lo que al darle un uso nuevamente, se adquieren mas beneficios para el medio ambiente, contribuyendo al cuidado y conservación de todo aquel organismo que lo habita.

En la combinación 1:4 proveniente de Metanol más Hidróxido de Sodio se obtuvo un rendimiento del 88% de biodiésel, por lo que es una buena opción de protocolo a realizar, en contra parte en la combinación de Etanol con Hidróxido de Potasio en proporción 1:8 se obtuvo de igual manera un rendimiento del 88%.

Finalmente, es importante establecer el protocolo “ideal” de acuerdo a la disposición de alcoholes en el mercado, haciendo énfasis en los precios de los productos; siendo que el metanol es mucho más barato de conseguir, aunque el etanol se puede producir con residuos orgánicos, contribuyendo al establecimiento de una cadena de producción completa.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda al momento de la separación del Biodiesel usar una resistencia electrica calentadora de agua con capacidad de 23 lts. esto con el fin de acelerar el proceso, por lo que se llegó a la conclusión de que por la afinidad polar de la glicerina tiende a separarse más rápido con estímulos eléctricos, también es importante complementar la separación con baño maría con el objetivo de separar más rápido las moléculas de agua y etanol/metanol.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alvarez Gallego, I. (2006). *Introducción a la Calidad Gestión Empresarial*. Vigo: Ideaspropias Editorial S.L.

American Society for Testing and Materials. (5 de Octubre de 2020).

Especificación de estándar para el componente de mezcla de combustible biodiésel (B100) para combustibles de destilación intermedia. Recuperado el Febrero de 2023, de ASTM International: <https://www.astm.org/d6751-20a.html?lang=es-ES>

Britton-Acevedo, E. L., Vega-Jurado, J. J., & Lombana, J. (16 de Mayo de 2017). Alternativas productivas para la industria de biodiésel en Colombia. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, XIII(24), 135-148.

Cabrera-Mungia, D. A., Romero Galarza, A., Lopez Montes, R. A., Rios Gonzales, L. J., & Leyva Inzunza, Z. C. (2022). Producción de Biodiésel en México: Estado Actual y perspectivas. *CienciAcierta*(72), 334-383.

Davila Barrera , J. D., & Cortes Lopez, C. C. (2017). *OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE FRITURA*. Recuperado el FEBRERO de 2023, de WWW.CORE.AC.UK: <https://core.ac.uk/download/pdf/198448023.pdf>

Dorado Perez, M. d., & Font Montesinos, R. (2007). Determinación de la calidad del biodiésel procedente de aceite de oliva. En *I Congreso de la Cultura del Olivo*. España, Europa.

El Economista. (30 de Noviembre de 2020). *Impacto del cultivo de palma de aceite en Campeche*. Recuperado el Febrero de 2023, de Periodico El Economista: <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Impacto-del-cultivo-de-la-palma-de-aceite-en-Campeche-20201129-0044.html>

Economía, S. d. (30 de Diciembre de 2015). *Gobierno de México*. Recuperado el Febrero de 2023, de <https://www.gob.mx/se/articulos/que-es-la-estandarizacion>

Energia, R. d. (2015). *Bioenergía: Fuentes, Conversión y sustentabilidad*. (J. M. Rincon Martinez, & S. L. Electo Eduardo, Edits.) Bogotá, Colombia: Corporación Ema.

Espindola Perez, M. A., & Hernandez-Gonzalez, M. A. (25 de Diciembre de 2020). Revisión de la literatura sobre la estandarización de procesos productivos a nivel científico. *Academia Journals*, 12(6), 290.

- Espinoza de Aquino, W., Goddard Juarez, M., Gutierrez Arellano, C., & Bonfil Sande, C. (Febrero de 2009). Los Biocombustibles el debate. *¿Cómo ves?*(123).
- Faba, L., Diaz, E., & Ordoñez, S. (Septiembre-Noviembre de 2014). Transformación de biomasa en biocombustibles de segunda generación. *Madera bosques*, 20(3), 11-24.
- Geographic, R. N. (19 de Mayo de 2022). *www.nationalgeographic.es*. Recuperado el Febrero de 2023, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-son-los-biocombustibles>
- Gerrero-Peña, A., Anguebes-Franseschi, F., Castelan-Estrada, M., Morales-Ramos, V., Cordova-Quiroz, A., Zavala-Loria, J. C., & Bolaños-Reynoso, E. (septiembre de 2013). OPTIMIZACION DE LA SISTEMAS DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE CRUDO DE PALMA AFRICANA(*Elaeis guineensis* Jacq). *AGROCIENCIA*, 47(7), 649-658.
- Grupo Banco de Patentes de la Superintendencia de Industria y Comercio. (Diciembre de 2011). *Industria de comercio y super intendencia*. Recuperado el febrero de 2023, de www.sic.gov.co: <https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/Biocombustibles%20By%20Bio%20diesel%20de%20Primera%20Generaci%C3%B3n.pdf>
- Hernandez-Nazario, L., Benitez-Fonseca, M., & Aguilera-Navarro, B. (2018). OBTENCION Y CARACTERIZACION DEL BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE JATROPHA CURCAS L. *Ciencia en su PC*, 1(1), 1-11.
- Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía. (2020). *IDAE*. Recuperado el Febrero de 2023, de <https://www.idae.es/marco-normativo-del-sector-de-biocarburantes>
- Inter-American Institute for Co-operation in Agriculture. (2010). *II Biodiesel*. En *Atlas de la agroenergía y los biocombustibles en las Americas*. IICA.
- Medina Ramirez, I. E., Chavez Vela, N. A., & Jauregui Rincon, J. (mayo-agosto de 2012). Biodiesel un combustible renovable. *investigación científica y ciencia de la universidad autónoma de Aguascalientes*, 55, 62-70.
- Nava Carbellido, V. M. (2005). *¿Qué es la calidad?: Conceptos, gurús y modelos fundamentales*. México: Limusa.
- Ramirez, h., Arteaga, H., & Siche, R. (09 de Marzo de 2012). Optimización del proceso de obtención de biodiesel a partir de colza silvestre (*Brassica campestris*). *Scientia Agropecuaria*, 35-44.

- Ramos Castellanos, P. (2008). ENERGÍAS Y CAMBIO CLIMÁTICO. En P. Ramos Castellanos, R. Delgado Tardaguila, A. Hernandez Esteban, A. Ceballos Barbancho, R. Peña Capilla, A. Llanos Grande, . . . H. Garci, *ENERGÍAS Y CAMBIO CLIMÁTICO*. Salamanca: EDICIONES UNIVERSIDAD DE SALAMANCA.
- Repsol. (s.f.). *Repsol*. Recuperado el Febrero de 2023, de [www.Repsol.com: https://www.repsol.com/es/energia-innovacion/energia-futuro/transicion-energetica/biodiesel/index.cshtml](https://www.repsol.com/es/energia-innovacion/energia-futuro/transicion-energetica/biodiesel/index.cshtml)
- Riegelhaupt, E., Odenthal, J., & Janeiro, L. (2016). *Diagnóstico de la situación actual del biodiésel en México y escenario para su aprovechamiento*. Kanaalweg: Ecofys Netherlands B.V.
- Roldan Vilorio, J. (2013). *Energías renovables. Lo que hay que saber*. España: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Rubio, J. L. (2010). Desertificación y Cambio Climático. *Centro de investigaciones sobre desertificación*, 1-6.
- SAGARPA. (29 de Noviembre de 2013). Futuro de la producción de biocombustibles en México. México.
- Sandoval-Salas, F., Mendez-Carreto, C., Solano-Renteria, I., Cuevas Suarez, C., Cortes Mariano, N., & Hernandez Ochoa, L. R. (1). *innovación & Sustentabilidad Tecnológica*. Recuperado el Febrero de 2023, de <https://citt.itsm.edu.mx/ingeniantes/articulos/ingeniantes1/Proceso%20para%20la%20obtención%20de%20Biodiesel%20de%20Higuerilla.pdf>
- Tejada Tovar, C., Tejeda Benitez, L., Villabona Ortiz, A., & Monroy Rodriguez, L. (2013). OBTENCION DE BIODIESEL A PARTIR DE DIFERENTES TIPOS DE GRASA RESIDUAL DE ORIGEN ANIMAL. *Luna azul*, 36, 10-25.
- Torrenes Espinoza, G. (2021). Retrospectiva y Prospectiva del Desarrollo de las Generaciones de Biocombustibles. *Ciencia y Tecnología*, 21(21), 53-63.
- Trujillo, R. G., Ñique Mesia, T. E., & Yoel Guerrero, C. (2018). *Optimización de la producción de Biodiesel a partir de las semillas de piñón blanco (Jatropha curcas L.) en la Región San Martín*. Instituto Nacional de Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura y Riego. Perú: Deposito Legal de la Biblioteca NAcional del Perú.
- Vazquez Peña, C., & Labarca, N. (octubre-diciembre de 2012). Calidad y estandarización como estrategias competitivas en el sector agroalimentario. *Revista Venezolana de Gerencia*, 17(60),