

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
SECCIÓN DE QUÍMICA**



TRABAJO DE GRADO

“BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITES RESIDUALES DE COCINA,
MEDIANTE EL MÉTODO DE TRANSESTERIFICACIÓN Y SU
CARACTERIZACIÓN ESPECTROSCÓPICA EN EL AÑO 2019”.

PRESENTADO POR:

BETHIS CAROLINA MÁRQUEZ MEDINA
KAREN ESMERALDA VÁSQUEZ PÉREZ
ZOILA MARINA SAZ PIMENTEL

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN CIENCIAS QUÍMICAS

DOCENTE ASESOR:

MAESTRO ABEL MARTÍNEZ LÓPEZ

NOVIEMBRE, 2019

SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

AUTORIDADES

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

RECTOR

PhD. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ

VICERRECTOR ACADÉMICO

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

ING. FRANCISCO ALARCÓN

SECRETARIO GENERAL

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

FISCAL GENERAL

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL

AUTORIDADES

LIC. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

DECANO

LIC. ÓSCAR VILLALOBOS

VICE-DECANO

LIC. ISRAEL LÓPEZ MIRANDA

SECRETARIO

MTRO. JORGE PASTOR FUENTES CABRERA

COORDINADOR GENERAL DE PROCESO DE GRADUACIÓN

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
AUTORIDADES

LIC. KARLA MARÍA MEJÍA ORTÍZ
JEFE DE DEPARTAMENTO

MTRO. ABEL MARTÍNEZ LÓPEZ
COORDINADOR DE LA SECCIÓN DE QUÍMICA

MSC. OSCAR ULISES LIZAMA VIGIL
COORDINADOR DE PROCESO DE GRADUACIÓN

TRIBUNAL EVALUADOR

MTRO. CARLOS ALFREDO MARTÍNEZ LAZO

PRESIDENTE

LIC. NELSON ALEXANDER LUNA SOLÍS

SECRETARIO

MTRO. ABEL MARTÍNEZ LÓPEZ

VOCAL

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Dedicatoria:

El presente trabajo de grado lo dedicamos principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de cumplir unos de nuestros sueños más anhelados.

A nuestros padres y familiares, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta donde estamos y convertirnos en lo que somos.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Agradecimiento:

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en todos los momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a nuestra familia: por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes: por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, quienes nos han guiado con su paciencia, y su rectitud como docentes y a los laboratoristas de la sección de Química, por habernos brindado su apoyo y orientación en el proceso experimental de nuestro proyecto.

Al complejo hotelero La Tortuga Verde S. A de C. V, agradecemos de manera especial por el apoyo y disponibilidad en colaborar con el trabajo de investigación.

A la empresa Maquiequipos por su apoyo al acceso a sus instalaciones y el uso del equipo para realizar la prueba experimental.

ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCIÓN	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2.1. Situación problemática	15
2.2. Antecedentes del problema	16
2.3. Enunciado del problema	17
2.4. Justificación	18
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1. Objetivo General	19
3.2. Objetivos Específicos	19
4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
4.1. Antecedentes históricos	20
4.2. Teoría fundamentada	21
4.2.1. Aceite de cocina	21
4.2.2. Los ácidos grasos	22
4.2.3. Ácidos grasos saturados	22
4.2.4. Ácidos grasos insaturados	23
4.2.5. Reacciones de los ácidos grasos insaturados	24
4.2.6. Aceite de cocina usado	25
4.2.7. Reciclaje de aceite	25
4.2.8. Biocombustible	26
4.2.9. Clasificación de biocombustibles	28
4.2.9.1. Biocombustibles primera generación	28
4.2.9.2. Biocombustibles segunda generación	29
4.2.9.3. Biocombustibles tercera generación	29
4.2.10. Biodiésel	29
4.2.11. Método para la obtención del biodiésel	31

4.2.11.1.	Transesterificación	31
4.2.12.	Ésteres metílicos	33
4.2.13.	Oleato de metilo	33
4.2.14.	Técnicas de identificación	34
4.2.14.1.	Pruebas físicas	34
4.2.14.2.	Pruebas químicas.....	35
4.2.14.3.	Pruebas espectroscópicas.....	36
4.2.15.	Método de purificación del biodiésel	36
4.2.15.1.	Destilación	36
4.2.15.2.	Destilación simple	37
4.2.15.3.	Destilación con reflujo.....	37
4.3.	Marco normativo.....	38
4.3.1.	Manual de normas y procedimientos descarte, disposición final y reciclaje de bienes en los centros de atención y dependencias administrativas.....	38
4.3.2.	Ley del Medio Ambiente.....	38
4.3.2.1.	Protección del recurso hídrico.....	38
4.3.2.2.	Protección del suelo	38
4.3.2.3.	Protección del medio costero-marino	39
4.3.3.	ASTM (American Society for Testing and Materials).....	39
4.3.4.	CEN (Common European Norms).....	40
4.3.5.	RTCA (Reglamento Técnico Centroamericano)	41
4.3.6.	Uso de B100 y relación de mezcla	41
5.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	43
6.	DISEÑO METODOLÓGICO	44
6.1	Tipos de estudios	44
6.1.1.	Prospectivo.....	44
6.1.2.	Transversal	44
6.1.3.	Descriptivo	44
6.1.4.	Experimental	45
6.2.	Instrumentos.....	45
6.3.	Procedimientos	45
6.4.	Ejecución de la investigación.....	46
6.4.1.	Toma y traslado de la muestra.....	46
6.4.2.	Previo tratamiento del aceite usado.....	46

6.4.3. Valoración del aceite usado	47
6.4.4. Preparación de metóxido de potasio.....	48
6.4.5. Obtención de biodiésel	48
6.4.6. Análisis de los resultados	49
6.5. Plan de análisis	51
7. RESULTADOS OBTENIDOS	52
7.1. Pruebas físicas	52
7.2. Pruebas químicas.....	52
7.3. Prueba espectroscópica.....	53
7.4. Prueba experimental del biodiésel	53
7.5. Interpretación de resultados cualitativos	53
7.5.1. Pruebas físicas	53
7.5.2. Pruebas químicas	54
7.5.3. Prueba espectroscópica.....	54
7.5.4. Prueba de funcionamiento.....	54
8. CONCLUSIONES.....	55
9. RECOMENDACIONES	56
10. REFERENCIAS	57

LISTA DE TABLAS

	PÁGINAS
Tabla 1. Comparación de resultados experimentales con resultados teóricos.....	50

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINAS
Figura 1. Ácido palmítico (C16:0)	23
Figura 2. Ácido Esteárico (C18:0).....	23
Figura 3. Ácido Oleico (C18:1 ⁹)	23
Figura 4. Ácido linoleico (C18:2 ^{9,12}).....	24
Figura 5. Ácido linolénico (C18:3 ^{9,12,15})	24
Figura 6. Representación general de una molécula de triglicéridos	31
Figura 7. Típica reacción de transesterificación: un triglicérido reacciona con un alcohol para producir biodiésel. Rn son cadenas de Carbono con diferente longitud.	32
Figura 8. Serie de reacciones involucradas en la reacción de transesterificación.	33
Figura 9. Ingreso a las instalaciones del Hotel y Restaurante La Tortuga Verde S.A de C.V	61
Figura 10. Recolección del aceite de cocina usado	61
Figura 11. Recolección del aceite en botella plástica.....	61
Figura 12. Filtración por gravedad del aceite usado.....	61
Figura 13. Agitación del aceite después del filtrado	62
Figura 14. Agitación de la mezcla para obtener el biodiésel.....	62
Figura 15. Separación de la glicerina	62
Figura 16. Reposo por 24 horas de la mezcla.....	62
Figura 17. Recolección del biodiésel en un recipiente seco	63
Figura 18. Destilación del biodiésel	63
Figura 19. Espectro IR del biodiésel destilado.....	63
Figura 20. Espectro IR teórico del biodiésel	64
Figura 21. Espectro IR del biodiésel impuro.....	64
Figura 22. Espectro IR del biodiésel en comparación con el dato teórico del biodiésel.....	65
Figura 23. Balanza Analítica (Aczet CY 224C).....	65
Figura 24. pH metro ORION STAR A211 (Thermo SCIENTIFIC).....	65
Figura 25. Índice de Yodo.....	66
Figura 26. Viscosímetro "Fungilab" Viscolead ADV H	66
Figura 27. Índice de acidez.....	66
Figura 28. Índice de saponificación.....	66
Figura 29. Refractómetro Milton Roy Company	67
Figura 30. Espectrofotómetro IR NICOLET iS5 (Thermo SCIENTIFIC).....	67
Figura 31. Motobomba a diésel (JET PRO)	67

LISTA DE ANEXOS

	PÁGINAS
Anexo 1. Norma de control de calidad para el Biodiésel ASTM D6751-08	69
Anexo 2. Norma de control de calidad para el biodiésel EN 14214	70
Anexo 3. Norma de control de calidad para el Biodiésel DIN V 51606	71
Anexo 4. Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 75.02.43.07	72
Anexo 5. Cuadro de materiales, equipos y reactivos	73
Anexo 6. Permiso para el ingreso a las instalaciones	74
Anexo 7. Consentimiento informado	75
Anexo 8. Cuadro de propiedades físicas	76
Anexo 9. Índice de acidez	78
Anexo 10. Índice de yodo (método de Hanus)	79
Anexo 11. Índice de saponificación	80
Anexo 12. Glosario	81
Anexo 13. Abreviaturas	84
Anexo 14. Cronograma	86

RESUMEN

El biodiésel es una mezcla de ésteres metílicos de los ácidos grasos que proceden de las grasas animales y los aceites vegetales, comúnmente obtenido mediante el método de transesterificación utilizando como materia prima el aceite de cocina usado, sin embargo, contar con una estrategia para utilizar racionalmente el volumen de aceites vegetales usados que se generan en el sector turístico resulta difícil. El Hotel y Restaurante La Tortuga Verde, produce cantidades considerables de aceite residual proveniente de la cocción de alimentos que, en un inicio eran depositados en fosas artesanales, contaminando los mantos acuíferos y la afectación de sus especies que no toleran este tipo de sustancias; actualmente optan por la recolección de aceite en barriles plásticos sin previa clasificación. El **objetivo** de esta investigación es obtener biodiésel a partir de aceites residuales de cocina, mediante el método de transesterificación y su caracterización espectroscópica. **Metodología**, la investigación se realizó mediante el método cualitativo con enfoque descriptivo-experimental y la obtención del biodiésel se realizó mediante el método químico de reacción de transesterificación en medio básico, aplicando las técnicas de recolección de la materia prima, obtención, identificación y de caracterización del biodiésel. **Resultados obtenidos** se obtuvo un 88.04% de biodiésel; el 90% de las pruebas físicas y química experimentadas corresponden a los datos teóricos; se hizo la comparación del IR teórico con el experimental y el 96.90% de la mezcla corresponde al oleato de metilo; el funcionamiento del biodiésel en una motobomba diésel con relaciones B100 y B80 fue favorable. En **conclusión**, el método de aplicación transesterificación se puede considerar como idóneo para la obtención de biodiesel debido al rendimiento obtenido y al funcionamiento del motor.

Palabras clave: biodiésel, aceites residuales, transesterificación.

1. INTRODUCCIÓN

Los aceites residuales de cocina son aquellos de origen vegetal o animal, que han sido obtenidos en el proceso de cocción de alimentos en los ámbitos doméstico, centros e instituciones, hostelería y restaurantes, que su productor desecha en las fuentes de desagües ya sea de manera directa provocando contaminación de los mantos acuíferos y a los subsuelos o simplemente lo comercializan para el proceso de elaboración de concentrado en las granjas de animales porcinos, y así obtener un mayor ingreso económico y evitar la contaminación de las especies acuáticas que no toleran este tipo de agentes contaminantes.

La presente investigación “BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITES RESIDUALES DE COCINA, MEDIANTE EL MÉTODO DE TRANSESTERIFICACIÓN Y SU CARACTERIZACIÓN ESPECTROSCÓPICA EN EL AÑO 2019”, brinda una alternativa de solución a la problemática antes mencionada, la que se desarrolló con la participación de la administradora del Hotel y Restaurante La Tortuga Verde SA de CV quien facilitó la materia prima, el director de la Escuela de Química sede central, Facultad de Ingeniería Química sede central, personal encargado del laboratorio de Ciencias Químicas de la FMO y el propietario de la empresa de motores industriales Maquiequipos sede Santa Ana, en la prestación de equipo de prueba.

El presente documento consta de las siguientes fases:

Primera fase: Planteamiento del problema donde se encuentra la situación problemática, los antecedentes del problema, enunciado del problema y la justificación de la investigación.

Segunda fase: Objetivos de la investigación, consta de un objetivo general y tres objetivos específicos, que tienen como fin o meta lo que se pretendía alcanzar en el trabajo de investigación, También indican el propósito por el que se realizó la investigación.

Tercera fase: en esta fase ponen en manifiesto los antecedentes históricos del problema, la fundamentación teórica, en la que se respaldan las variables y categorías estudiadas en esta investigación.

Cuarta fase: en esta se presenta el diseño metodológico con el que se ejecutó la investigación y su plan de análisis.

Quinta fase: resultados obtenidos, en esta fase se presentan los resultados que se obtuvieron en la investigación y la comparación con las normas de estándares de calidad para el biodiesel.

Sexta fase: conclusiones, en esta se presentas las diferentes alternativas de solución al problema planteado y las decisiones del equipo investigador.

Séptima fase: recomendaciones, contiene las medidas que las instituciones deben de considerar en futuras investigaciones.

Octava fase: bibliografía, la que contiene toda la información que respalda la investigación.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Situación problemática

El Hotel y Restaurante La Tortuga Verde es un lugar turístico ubicado en Playa el Esterón correspondiente a uno de los lugares que posee grandes afluencias de personas visitantes en su área de restaurante. El mismo ofrece una variedad amplia de alimentos, en cuyo procedimiento de cocción se utilizan grandes cantidades de aceites en las máquinas freidoras, este aceite es reemplazado por nuevo aceite después de usarse tres veces. Las cantidades de aceite que se producen por semana equivalen a 20 galones de aceite usado. Como empresa, en un inicio el aceite residual lo depositaban en fosas artesanales, actualmente optan por la recolección de aceite en barriles plásticos sin previa clasificación para poder ser vendido a una granja de animales porcinos, esto como una alternativa para evitar vaciarlos directamente a los lavamanos, ya que, de ser vertidos directamente en los mismos, estarían originando contaminación de agua y muerte de algunas especies acuíferas que no toleran este tipo de agente contaminante. Sin embargo, dicho aceite usado se puede reutilizar transformándolo en biodiésel.

Esta investigación pretende ofrecer a esta empresa una alternativa más, la cual consiste en la obtención de un biocombustible biodiésel a partir de aceites residuales de cocina, un producto biodegradable que ayude a disminuir la contaminación del medio ambiente en esa zona.

2.2. Antecedentes del problema

La producción de biodiesel es un área muy moderna y tecnológica que está ganando relevancia y mercado debido a sus beneficios, tales como que es biodegradable, una fuente de combustible renovable y alternativa con menos contaminantes y menos contaminación de partículas. Se han realizado diferentes estudios utilizando aceites usados como materia prima, alcohol de bajo peso molecular y catalizadores alcalinos (Jorge Mario Marchetti, 2010).

En la Habana Cuba, en el año 2013, se realizó un “Estudio obtención de biodiesel a partir de aceite comestible usado”; el biodiésel y la glicerina que se obtuvieron poseen características similares a los reportados en la literatura, aunque se debe definir el número de veces que se ha utilizado la materia prima (aceite) pues solo así se podrán comparar adecuadamente los resultados. A pesar de que se obtuvieron rendimientos superiores al 80 % los resultados demostraron que los niveles de las variables independientes y/o las variables no son significativos para la variable dependiente fijada. Por esto se propone mejorar el diseño de experimento con vistas a obtener un modelo que describa el comportamiento de la reacción.

En Bogotá D.C. Colombia en el año 2014, se realizó un estudio “Obtención de biodiesel a partir de mezclas de aceite usado de cocina y aceite de palma”. La obtención de biodiésel se realizó a nivel de 60 ml de reacción, se pudo evidenciar que el mejor porcentaje de acuerdo al criterio de reacción fue el 5% de aceite usado de cocina con un rendimiento de reacción del 98,69%, generando una mayor obtención de biodiésel y poca glicerina. Sin embargo, se observó que en todas las mezclas los rendimientos fueron superiores al 90%. En la literatura utilizada se reportan valores de rendimiento superiores al 90% para el aceite de

palma. Por otro lado, otros resultados reportan rendimientos entre el 80% y el 94% para el aceite usado de cocina. Comparando los rendimientos obtenidos en este trabajo con los reportados en la literatura se observa que juntos son superiores al 90%, obteniendo así una óptima cantidad de biodiésel a partir de la materia prima con muy poca glicerina como desecho.

En El Salvador se cuenta con estudios de biodiesel a partir de diferente materia prima, por ejemplo, el “Manejo Agronómico y costos de producción del cultivo de higuierillo (*ricinus communis*) en los sistemas de monocultivos y asocio de zonas de laderas como materia prima para la obtención de biodiesel en El Salvador”. En la Universidad de El Salvador Facultad de Ciencias, Agronómicas Departamento de Desarrollo rural. San Salvador en el año 2009. Como resultado de asocio entre las parcelas cafetaleras y el higuierillo se concluye que el cultivo de higuierillo es la alternativa más viable a corto plazo para producir a aceite como materia prima para la obtención de biodiésel en el país, ya que por sus propiedades es el único de todos los aceites vegetales solubles en alcohol sin necesidad de ser sometido a procesos del calor.

2.3. Enunciado del problema

¿Será posible obtener un combustible biodegradable biodiésel, a partir de aceites residuales de cocina, mediante el método de transesterificación y su caracterización espectroscópica?

Además, se pretende dar respuesta a las siguientes interrogantes:

¿Mediante el método de transesterificación, será posible obtener biodiesel?

¿Será posible que, mediante el análisis físico, químico y caracterización espectroscópica se pueda identificar el biodiesel obtenido?

¿Con el método de transesterificación, será posible obtener un mayor rendimiento de biodiesel en comparación con otros estudios realizados y demostrar su funcionamiento?

2.4. Justificación

El trabajo de investigación consiste en la obtención de un biocombustible, a partir de aceites residuales de cocina, estos aceites actualmente son reutilizados en la alimentación para cerdos; la presente investigación tiene como finalidad brindar una alternativa más de reciclaje de los aceites utilizados en el proceso de cocción de productos alimenticios. Por lo que trae beneficio al medio ambiente, menos contaminación por aceite a los cuerpos hídricos superficiales y subterráneos. Además, la empresa podrá utilizarlo como una fuente de energía renovable en los procesos de preparación de alimentos y contribuir a mejorar el ecosistema de la zona, esto mediante un estudio más profundo sobre el tema de energía renovable.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Objetivo General

Obtener biodiésel a partir de aceites residuales de cocina, mediante el método de transesterificación y su caracterización espectroscópica.

3.2. Objetivos Específicos.

Obtener el biodiésel mediante el método de transesterificación, a partir del aceite de cocina.

Identificar el biodiésel obtenido mediante análisis físicos, químicos y su caracterización espectroscópica

Comparar el porcentaje de rendimiento del biodiésel obtenido con otros estudios realizados y su funcionamiento en una motobomba diésel.

4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

4.1. Antecedentes históricos

Los productos derivados del petróleo, como el combustible, así como los hidrocarburos para las industrias petroquímicas, fueron los compuestos más utilizados en todo el mundo en el último siglo. La gasolina y los combustibles diésel se han convertido en el motor del mundo industrial; Su consumo ha ido en aumento y la demanda mundial ha aumentado. En los últimos años, la población mundial ha crecido en más de 6000 millones de habitantes, demandando electricidad, gas, combustibles, etc.

Este crecimiento de la población y la industrialización del mundo han hecho que aumente el consumo de petróleo. Más del 85% de la cantidad total de suministro de energía proviene de fuentes de energía no renovables como el petróleo, el carbono y el gas. Por otro lado, una pequeña cantidad de energía se debe a fuentes renovables alternativas (en el caso del biodiésel, esta cantidad es inferior al 1%).

Las emisiones de combustibles fósiles son un factor muy importante en el efecto invernadero que produce una reducción en la capa de ozono y un aumento en la temperatura global. Estos factores son la razón por la cual los combustibles alternativos, el biodiésel, el bioetanol, el biogás., continúan desarrollándose con el objetivo de ser menos dependientes de los combustibles fósiles y dependen más de fuentes de energía renovables y amigables con el medio ambiente. El biogás, el bioetanol y el biodiésel, entre otros combustibles alternativos, sustituirán parte del mercado de combustibles fósiles (Jorge Mario Marchetti, 2010).

4.2. Teoría fundamentada

4.2.1. Aceite de cocina

El principal uso del aceite en la cocina es la fritura, donde funciona como medio transmisor de calor y aporta sabor y textura a los alimentos. Uno de los requisitos del aceite de cocina es que sea estable en las condiciones verdaderamente extremas de fritura por inmersión, esto es, altas temperaturas y humedad. En general, en la fritura el aceite debe mantenerse a una temperatura máxima de 180 °C. Si se fríen los alimentos a una temperatura demasiado baja, estos atrapan más grasa. El agua que es aportada por los alimentos que se fríen en el aceite, aumenta la disociación de los ácidos grasos que se produce durante el calentamiento. La hidrólisis genera un aceite de baja calidad con un punto de humo más bajo, un color más oscuro y un sabor alterado. Durante el calentamiento, los aceites también polimerizan, generando un aceite viscoso que se absorbe fácilmente por los alimentos y que genera un producto grasiento. Cuanto más saturados (sólidos) sean los aceites, más estables son frente a la disociación oxidativa e hidrolítica, y menos fácil es que polimericen.

Los aceites ricos en ácido linolénico, como el de soja y el de canola, son particularmente susceptibles de sufrir estos cambios indeseables.

Los aceites de fritura obtenidos a partir de girasol y de cártamo presentan menor estabilidad dado su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados y su bajo contenido de γ -tocoferol; sin embargo, los aceites de cártamo y de girasol de plantas mejoradas genéticamente, con un alto contenido de ácido oleico, son aceites adecuados para freír (Nations, 1997).

Existen varias técnicas prácticas para evaluar la calidad de los aceites comestibles frescos y de los aceites que se han usado para cocinar pero que todavía tienen posibilidad de ser utilizados. Estos métodos prácticos son:

Olor. Los aceites frescos generalmente no tienen olor; algunos presentan aromas equivalentes al de las semillas de donde han sido extraídos.

A medida que un aceite se va usando su olor cambia y a veces desprende un olor parecido a cuando se está fritando pescado. Esto se debe al aroma desprendido por el ácido linolénico contenido en la mayoría de los aceites vegetales

Viscosidad. Cuando los aceites se calientan de manera continua y después se enfrían, adquieren cierto estado de espesura. Es decir, el aceite se vuelve “grosso”, debido a que se torna más saturado desde el punto de vista químico (Turizo, 2004).

4.2.2. Los ácidos grasos

Los ácidos grasos son ácidos mono carboxílicos de cadena larga. Por lo general, contienen un número par de átomos de Carbono, normalmente entre 12 y 24.

4.2.3. Ácidos grasos saturados

Su comportamiento químico se caracteriza por ser poco reactivo. Por lo general, contienen un número par de átomos de carbono. Con frecuencia se usa la nomenclatura común.

Los ácidos grasos saturados de 10 átomos de carbonos son líquidos a temperatura ambiente y parcialmente solubles en agua. A partir de 12 carbonos, son sólidos y

prácticamente insolubles en agua. Los puntos de fusión aumentan con la longitud de la cadena. Según se observa en las figuras 1 y figura 2.

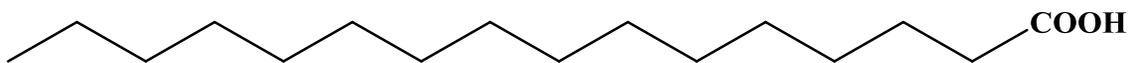
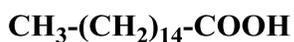


Figura 1. Ácido palmítico (C16:0)

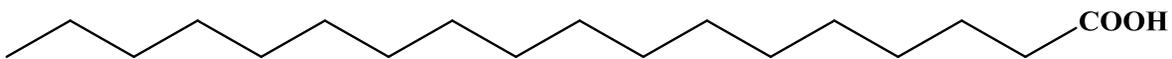
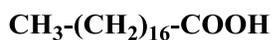


Figura 2. Ácido Esteárico (C18:0)

4.2.4. Ácidos grasos insaturados

Con mucha frecuencia, aparecen insaturaciones en los ácidos grasos en forma de dobles enlaces en la misma cadena, estos no aparecen conjugados (alternados), sino cada tres átomos de carbono. Ejemplos de estos ácidos son el Ácido Oleico (figura 3), Ácido Linoleico (figura 4) y Ácido Linoleico (figura 5).

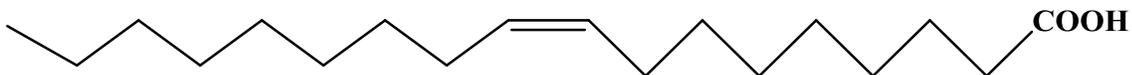


Figura 3. Ácido Oleico (C18:1ⁿ)

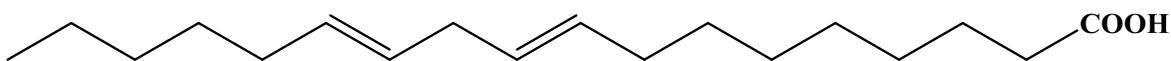
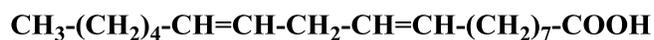


Figura 4. Ácido linoleico (C18:2^{9,12})

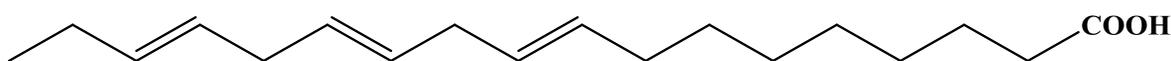


Figura 5. Ácido linolénico (C18:3^{9,12,15})

4.2.5. Reacciones de los ácidos grasos insaturados

Los ácidos grasos insaturados manifiestan las propiedades inherentes al doble enlace:

Reaccionan fácilmente con ácido sulfúrico para dar sulfonatos, que se emplean frecuentemente como detergentes domésticos.

Los dobles enlaces pueden adicionar hidrógeno. La hidrogenación catalítica (completa) de los ácidos grasos insaturados constituyen la base de la transformación industrial de aceites en grasas sólidas (la margarina es el resultado de la hidrogenación de aceites vegetales).

Los dobles enlaces pueden autooxidarse con el oxígeno del aire. Es una reacción espontánea en la que se producen radicales peróxidos y radicales libres, muy reactivos, que provocan en conjunto el fenómeno de enranciamiento de las grasas, que resulta la formación de una compleja mezcla de compuestos de olor desagradable (Mendoza, 2009).

4.2.6. Aceite de cocina usado

Luego del proceso de fritura, el aceite puede venir con restos de sólidos de comida, tantos gruesos (filtrables) como finos (separables más fácilmente por decantación), con agua de los alimentos y con un grado de degradación variable (según la temperatura y el tiempo que se ha usado para freír). Para cada lote de aceite, lo ideal es primero filtrarlo y luego verificar si contiene y determinar su índice de acidez, que indicará cuán degradado está y cuánto catalizador se deberá utilizar en la transesterificación (F. Acosta, Castron, & Cortijo, 2008).

El aceite (de freír, de latas de atún, mejillones, etc.) nunca se debe verter por el desagüe del fregadero, ni en el inodoro, porque la depuración de las aguas residuales resulta más costosa y difícil, por producir una gran contaminación, ya que cada litro de aceite contamina 100.000 litros de agua. Además, el reciclaje del aceite usado tiene la ventaja de que se puede usar para la obtención de biodiésel (cada litro de aceite reciclado produce otro litro de biodiésel, que además emite menos emisiones de CO₂).

4.2.7. Reciclaje de aceite

Para su correcto reciclaje debemos seguir los siguientes pasos:

Una vez que hayamos terminado de freír, esperamos a que el aceite se enfríe. Si el aceite se puede usar de nuevo, se guarda en su correspondiente recipiente, para ser reutilizado posteriormente. Si, por el contrario, el aceite ya no es apto para su uso, una vez frío se recoge en una botella de plástico, con la ayuda de un embudo, y se guarda hasta que esté llena (Pérez & Cánovas, 2009).

4.2.8. Biocombustible

Durante los últimos años se han desarrollado varias energías alternativas con el fin de utilizar los recursos naturales para la producción de combustible. La principal ventaja es que son más respetuosos con el medio ambiente en comparación con los combustibles derivados del petróleo. Entre estas alternativas podemos encontrar bioetanol, biodiesel, biogás, energía eólica, solar o de agua, hidrógeno, etc.

Diferentes países tienen diferentes planes y proyectos de energía alternativa. Varios países de la Comunidad Europea están empleando la energía eólica como una fuente importante de energía. Según la Asociación Mundial de Energía Eólica, EE. UU., Alemania y España son los principales países con capacidad instalada para la energía eólica, mientras que Noruega produce principalmente energía hidroeléctrica, aunque no es uno de los mayores productores (como China o Canadá) de energía hidroeléctrica, su producción satisfizo más del 98% del consumo interno. Alemania y Japón lideran el camino en la producción de energía solar con alrededor del 80% de la producción mundial, lo que los coloca entre los 15 principales países que utilizan esta energía alternativa. También se están estudiando y desarrollando otras fuentes, como el hidrógeno o la biomasa, dentro del alcance de encontrar un reemplazo para los combustibles derivados de fósiles.

Para reemplazar el combustible líquido fósil, el bioetanol y el biodiesel se están convirtiendo en la alternativa más atractiva para sustituir la gasolina y el diésel de petróleo. Se ha prestado atención general al bioetanol producido a partir de materias primas de segunda generación (generalmente residuos). Esta producción podría seguir dos caminos alternativos según lo propuesto por Mielenza. Estas dos formas alternativas son muy diferentes según el proceso utilizado antes de la fermentación del azúcar. Una forma emplea enzimas para llevar

a cabo la hidrólisis, mientras que una segunda alternativa para esta reacción se lleva a cabo con un ácido, normalmente ácido sulfúrico. Sin embargo, si la materia prima utilizada se considera un desecho, algunos equipos de purificación pueden ser necesarios antes de la hidrólisis. Este biocombustible líquido podría mezclarse con gasolina y, en algún momento, reemplazarlo por completo. Durante 2007, Brasil y Estados Unidos fueron los principales productores de bioetanol con más del 85% de la producción mundial, mientras que la cantidad total para 2005 fue de más de 35000 millones de litros.

El otro combustible líquido principal es el biodiesel, que se define como el derivado monoéster de la materia prima lipídica, como los aceites vegetales o las grasas animales. Este combustible se produce generalmente a partir de aceites vegetales, tiene varias ventajas medioambientales y tecnológicas que lo convierten en el sustituto ideal del combustible diésel de petróleo.

A principios de 1900, Rudolf Diésel creó el motor que lleva su nombre y lo probó con aceites vegetales como combustible. En ese momento, los aceites eran más caros que el petróleo y, por lo tanto, el motor no se usaba. Su idea fue el almacenamiento durante casi un siglo, hasta que se volvió a mostrar como una alternativa para mitigar la crisis del combustible. Sin embargo, los aceites vegetales no han vuelto a aparecer como combustibles netos, sino como materias primas que se transformarán en biodiesel. Los biodiesel son de alta calidad para los motores y se pueden mezclar fácilmente con diésel regular.

El primer motor diésel MAN (Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg) se puede utilizar con una mezcla de aceite de lámpara y gasolina y presión de aire inyectada en la cámara de combustión. Sin embargo, los nuevos motores diésel utilizan combustible biodiesel que debe cumplir con los estándares internacionales en varios aspectos diferentes.

Los biocombustibles son combustibles obtenidos a partir de biomasa vegetal o animal, renovables, que permiten reemplazar a los combustibles fósiles obtenidos del petróleo. Se los usa mezclados con los combustibles fósiles. Los biocombustibles más difundidos son el biodiesel y el bioetanol. Las mezclas de biocombustibles con naftas o gasoil se conocen bajo las siglas EX para el caso de bioetanol y BX para el biodiésel, en donde X representa el porcentaje de mezcla, por ejemplo: E5: Etanol 5%, Nafta 95%; B7: Biodiésel 7%, Gas Oil 83% (Jorge Mario Marchetti, 2010).

4.2.9. Clasificación de biocombustibles

4.2.9.1. Biocombustibles primera generación

Son aquellos producidos en base a azúcar, almidones, aceites vegetales o grasas animales utilizando tecnologías tradicionales. El biodiésel se obtiene a través de un proceso químico llamado transesterificación, a través del cual la glicerina es separada de las grasas o de los aceites vegetales. Sigue con un proceso de decantación con posterior destilación y purificación. Este proceso arroja dos productos: ésteres metílicos, FAME (Fatty Acid Methyl Ester) y glicerina (un valioso subproducto generalmente usado en jabones y otros productos). Las principales materias primas utilizadas son aceites de colza, palma, soja, girasol, aceites comestibles usados o grasas animales. El bioetanol es el producto obtenido de la fermentación y destilación del almidón (azúcares) contenido en la materia orgánica (biomasa), previamente extraído por procesos enzimáticos. Estos procesos también dan como resultado un subproducto altamente proteico que puede ser empleado como alimento animal (burlanda).

4.2.9.2. Biocombustibles segunda generación

Son aquellos elaborados en base a materias primas que no compiten con la alimentación. También incluye la biomasa producto de RAC (Residuos agrícolas).

Se espera que gracias a las tecnologías de segunda generación que están en fase de experimentación, se consiga reproducir a partir de materias primas celulósicas que comprenden tanto los residuos agrícolas como la madera, biocombustibles líquidos competitivos desde un punto de vista económico para uso en el transporte. Se prevé que dentro de 10 a 15 años se puede disponer de una tecnología comercialmente competitiva para la conversión de la celulosa en biocombustibles líquidos (Org, 2008).

4.2.9.3. Biocombustibles tercera generación

Son aquellos basados en cultivos que requieran investigación y desarrollo para llegar a ser comercialmente posible: por ejemplo, hierbas perennes ó árboles de crecimiento rápido que a través de la reacción con enzimas convierten la lignocelulosa en almidones obteniéndose el etanol Lignocelulósico o la obtención de biocombustibles a través de algas desarrolladas en aguas salinas, dulces o residuales (A. Acosta, 2012).

4.2.10. Biodiésel

El biodiésel es definido por ASTM (American Society for Testing and Materials) como el combustible hecho de aceites vegetales o grasas animales. Sin embargo, esta definición es amplia y debería ser más específica porque, de lo contrario, cualquier mezcla de biodiésel-diésel se llamará biodiésel. El nombre real debe ser BX, donde x representa el porcentaje de biodiésel en la mezcla. Por ejemplo, B20, es la mezcla más común, es el 20% de biodiésel y el 80% de diésel regular. Sin embargo, para tener un combustible que pueda

llamarse biodiésel, se deben cumplir las normas internacionales. Estas normas varían de un país a otro, incluso cada región tiene su propia política. Sin embargo, todos son bastante similares y tienen valores y restricciones similares. Los más comunes son IRAM 6115-1, ASTM D6751-08 (anexo 1), EN 14214 (anexo 2) o DIN V 51606 (anexo 3), son algunas de las normas que se deben cumplir para tener un combustible biodiésel (B100). (Jorge Mario Marchetti, 2010).

El aceite, tiene por lo general, un grado de acidez de pH de 5 y 6, pero cuando se transforma en biodiésel pasa a tener entre 8 y 9 ligeramente alcalino (Santo, 2006).

Se denomina biodiésel a los ésteres metílicos de los ácidos grasos que proceden de las grasas animales y los aceites vegetales, aunque debido a las grandes cantidades de biodiésel requerido para su uso en el sector del transporte sólo tienen interés práctico los aceites vegetales, porque las grasas animales son tan escasas en comparación con las necesidades de combustible del transporte, que nunca podrían satisfacer la enorme demanda de éstos.

Existen tres métodos para producir biodiésel:

Reacción del aceite vegetal con metanol, catalizada por compuestos básicos, como la sosa. Esta reacción se denomina transesterificación.

Reacción de transesterificación catalizada por compuestos químicos ácidos, como el ácido sulfúrico.

Obtención de los ácidos grasos del aceite, y posterior reacción de éstos con el metanol, catalizada por sustancias ácidas, reacción denominada esterificación (Pariente, 2016)

4.2.11. Método para la obtención del biodiésel

4.2.11.1. Transesterificación

Los aceites vegetales o las grasas animales se componen principalmente de triglicéridos, conocidos como triacilgliceroles (TG), donde una cadena de ácido graso o varias cadenas de ácido graso se unen a moléculas de glicerina, como se esquematiza en la Figura 6.

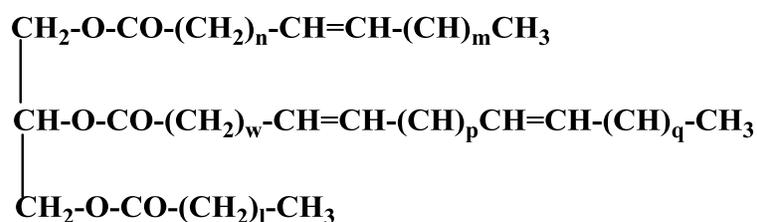


Figura 6. Representación general de una molécula de triglicéridos

Cadenas de ácido graso puede tener un enlace doble, dos enlaces dobles, tres enlaces dobles y, en algunos casos, ningún enlace doble. La composición de cada aceite vegetal depende de su precedencia, por ejemplo, el aceite de girasol tiene una cadena de ácido graso que contiene 18: 2 y 18: 1, mientras que para el aceite desmenuzado la mayoría es 22: 1 y 16: 1.

El biodiésel se produce a través de una reacción llamada transesterificación, donde el TG reacciona con un alcohol, generalmente metanol en presencia de un catalizador para producir el biodiésel y un triol llamado glicerina. Una reacción típica se puede ver en la Figura 7.

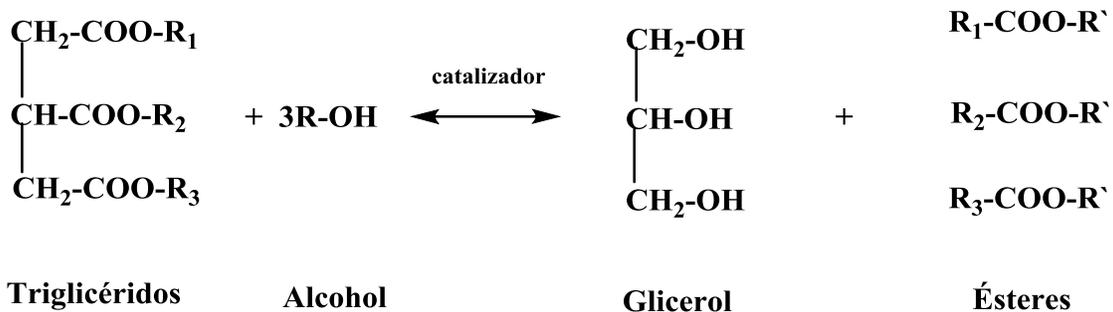
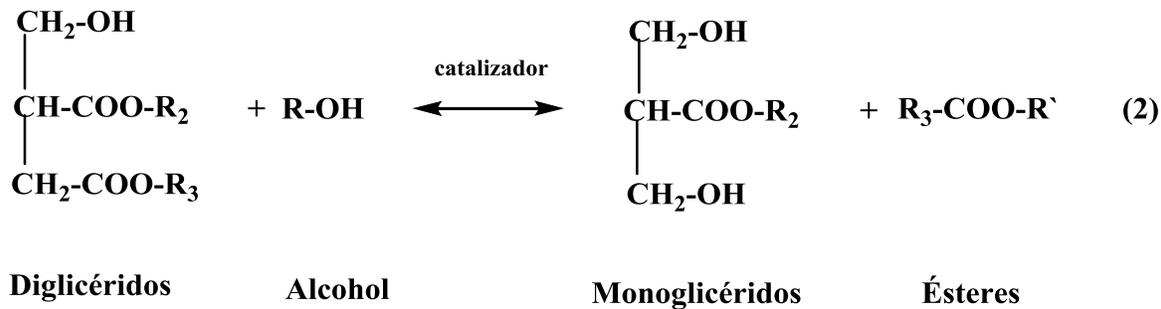
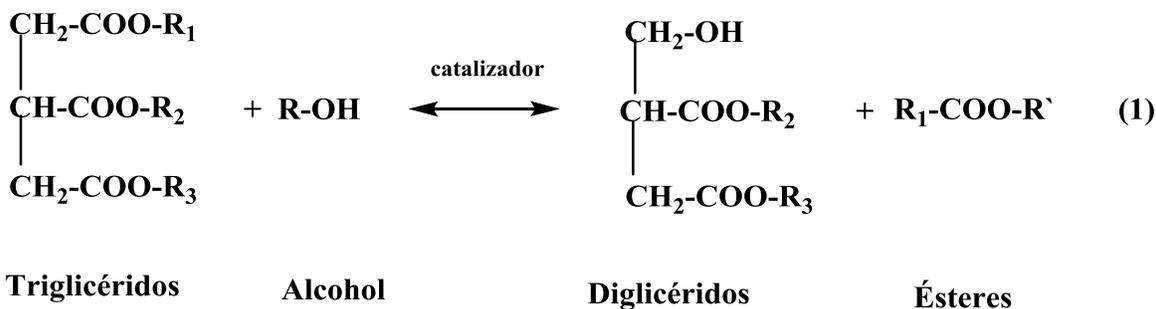


Figura 7. Típica reacción de transesterificación: un triglicérido reacciona con un alcohol para producir biodiésel. Rn son cadenas de Carbono con diferente longitud.

Esta reacción es una reacción de tres pasos, donde se producen diglicéridos a partir de triglicéridos. A partir de ellos se forman monoglicéridos y finalmente estos se transforman en glicerina. En cada paso se produce biodiésel. Esta reacción se puede observar en la Figura 8.



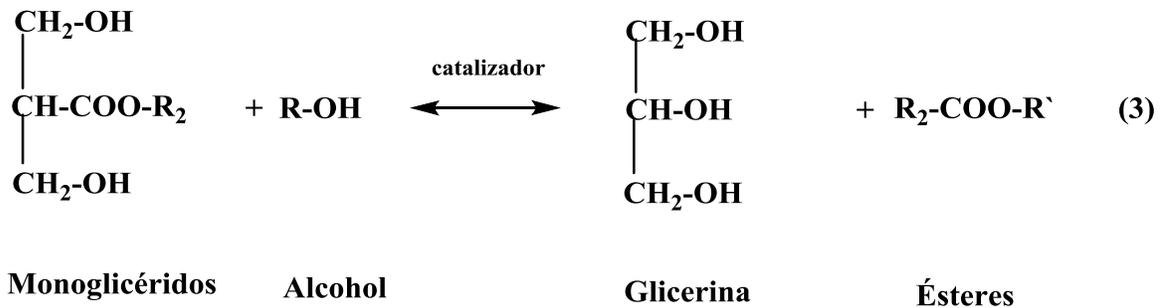


Figura 8. Serie de reacciones involucradas en la reacción de transesterificación.

El proceso de transesterificación, consiste en la reacción de un alcohol con ésteres grasos para formar los ésteres del respectivo alcohol y la glicerina. Los ésteres grasos están constituidos por triglicéridos, los cuales son sólidos a temperatura ambiente para el caso de las grasas y son líquidos a temperatura ambiente para el caso de los aceites.

Un alcohol actúa como un reactivo nucleofílico en la esterificación de un ácido; en la hidrólisis de un éster, un reactivo nucleofílico desplaza a un alcohol. Si se tiene esto presente, no es de sorprender que un alcohol pueda desplazar a otro de un éster.

4.2.12. Ésteres metílicos

Los ésteres metílicos producto de la reacción de transesterificación. Son los causantes de reducir o eliminar la viscosidad, baja volatilidad, y bajas propiedades de flujo frío característica de aceites vegetales y el cual genera serios problemas en inyectores y pistones de los motores.

4.2.13. Oleato de metilo

Las grasas animales y residuos aceitosos vegetales pueden ser convertidos en biodiésel. El problema con esta materia prima es que contiene grandes cantidades de ácidos libres que reaccionan con el catalizador alcalino para formar jabones. Para evitar la formación

de jabones, se requiere un pre tratamiento de la materia prima con catalizadores ácidos. La reacción de transesterificación se completa con un catalizador alcalino. La mayor producción de biodiésel, corresponde al **oleato de metilo** (G., Villamizar, & Gafaro, 2009).

4.2.14. Técnicas de identificación

4.2.14.1. Pruebas físicas

Estado físico: Se toma nota si la sustancia es líquida, solida o viscoso.

Color: Se toma nota del color de la sustancia obtenida, así como cualquier cambio de color que pueda ocurrir durante el punto de ebullición.

Olor: Los compuestos orgánicos tienen olores característicos, pero no es posible definir olores de una forma precisa.

Prueba de ignición: La muestra de la sustancia se coloca en la tapa de un crisol y se acerca a la orilla de una flama para determinar su inflamabilidad. Después se calienta suavemente sobre una flama débil y finalmente se incinera calentando fuertemente (Ralph Lloyd Shriner, Reynold C. Fuson, 1985).

Punto de ebullición: Sobreviene al calentar un líquido, correspondiendo a esta temperatura, una presión de vapor igual a la presión externa que se encuentra en la superficie del líquido. Bajo esta presión de vapor, las burbujas aumentan y proliferan; y a mayor densidad del vapor las burbujas ascienden, en la superficie libre del líquido, liberan el contenido de vapor en su volumen. Es entonces cuando el líquido hierve (Muñoz, 2015).

pH: Es una medida de la acidez o basicidad de una solución o sustancia (Anderson Guarnizo Franco, 2009).

Densidad: La densidad, es la masa de un cuerpo por unidad de volumen (Editor, 2014b).

Viscosidad: Los líquidos se caracterizan por una resistencia al flujo llamada viscosidad (Editor, 2014a).

4.2.14.2. Pruebas químicas

Índice de yodo: La determinación del índice de yodo en aceites o grasas que contienen enlaces dobles, se basa en la absorción del halógeno según ciertas condiciones, para provocar resultados estequiométricos. Como agentes de halogenación, se emplean corrientemente el yodo, el monocloruro o el monobromuro de yodo.

Índice de acidez: Se define como el número de miligramos de hidróxido de sodio requeridos para neutralizar la acidez libre por gramo de muestra. A menudo, el resultado se expresa como el porcentaje de ácido oleico presente en la muestra. El índice de acidez es una medida del grado de descomposición del aceite o de la grasa, por acción de las lipasas o por alguna otra causa. La descomposición se acelera por la luz y el calor. Como la rancidez se acompaña, usualmente, por la formación de ácidos grasos libres, la determinación es usada, con frecuencia, como una indicación general de la condición y comestibilidad de los aceites y grasas (C, Giselle Lutz C., & R., 2003).

Índice de saponificación: El número de saponificación son los miligramos de KOH necesarios para saponificar 1 gramo de materia grasa. Esto nos permite ver si el tipo de lípido es saponificable, se refiere si contiene ácidos grasos o no los contiene (Anderson Guarnizo Franco, 2009).

Índice de refracción: Puede ser definido como la relación de la velocidad de la luz en el aire y su velocidad en el medio en cuestión. Esta característica se presenta como forma simple y exacta para determinar el grado de pureza de una grasa (C et al., 2003).

4.2.14.3. Pruebas espectroscópicas

Las pruebas cualitativas y la degradación química han dado paso a métodos instrumentales de la determinación de una estructura química, los métodos principales y la información estructural clave que se proporcionan son: Espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (RMN), Espectroscopia de Infrarrojo (IR), Espectroscopia Ultravioleta - Visible (UV-VIS) y Espectrometría de masas (EM).

Espectroscopia de Infrarrojo (IR): Mediante de la cual se sabe de la presencia o ausencia de grupos funcionales claves (Carey, 2006).

4.2.15. Método de purificación del biodiésel

4.2.15.1. Destilación

Constituye el método más frecuente e importe para la purificación de líquidos. Se utiliza siempre en la separación de un líquido de sus impurezas no volátiles y, cuando es posible, en la separación de dos o más líquidos.

Cuando un líquido puro cualquiera se introduce en un recipiente cerrado y vacío, parte del mismo se evapora hasta que el vapor alcanza una determinada presión, que depende solamente de la temperatura. Esta presión, que es ejercida por el vapor en equilibrio con el líquido, es la tensión de vapor del líquido a esa temperatura. Cuando la temperatura aumenta, la tensión de vapor alcanza el valor de 760 mm, entonces, si el líquido está en contacto con

el exterior, comienza a hervir. La temperatura a la que esto ocurre recibe el nombre de punto de ebullición normal del líquido en cuestión, y es una constante característica para cada líquido (Buendía, 1989).

4.2.15.2. Destilación simple

Es la operación de hervir el líquido de un recipiente – caldera- condensándose aparte los vapores que constituirán el destilado. Aparte los vapores que constituirán el destilado. Quedando en la caldera el residuo. Esta operación puede llevarse a cabo de forma continua, alimentando la caldera y extrayendo el residuo continuamente o discontinua. Con lo que las composiciones de vapor y líquidos van cambiando con el tiempo. Realmente no es una operación de transferencia de materia. Pues el vapor y el líquido están en equilibrio. Se describe mejor como operación de transmisión de calor.

4.2.15.3. Destilación con reflujo

El vapor que abandona la cabeza de la columna se constituyen el reflujo, el resto se retira como producto destilado. La condensación se suele hacer con un serpentín de agua fría o con otras corrientes de proceso de agua fría o con otras corrientes de proceso más frías.

En el interior de la columna se ponen en contacto el vapor ascendente con el líquido descendente. En un nivel dado de la columna estas dos corrientes no están en equilibrio entre sí, por lo que hay una transferencia de materia pasan los componentes más volátiles es del líquido al vapor, y los componentes menos volátiles del vapor al líquido. Con lo que el vapor se enriquece en componentes volátiles a medida que asciende por la columna (López, 1983).

4.3. Marco normativo

4.3.1. Manual de Normas y Procedimientos Descarte, Disposición final y Reciclaje de Bienes en los Centros de Atención y Dependencias Administrativas.

En los numerales siguientes:

92. Se descartará todo aceite vencido, contaminado o sobrante de la cocción de diferentes alimentos, debidamente resguardado en recipientes, para disponerlos como desecho común.

93. Los aceites sobrantes de cocina se recolectarán en recipientes fáciles de manipular, con tapadera segura y que solidifiquen para su posterior tratamiento y disposición final y no se podrán vender o donar por ningún motivo (INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL, 2016).

4.3.2. Ley del Medio Ambiente

4.3.2.1. Protección del recurso hídrico

Art. 49.- El Ministerio será responsable de supervisar la disponibilidad y la calidad del agua.

Un reglamento especial contendrá las normas técnicas para tal efecto, tomando en consideración los siguientes criterios básicos:

d) Garantizar que todos los vertidos de sustancias contaminantes, sean tratados previamente por parte de quien los ocasionare (AMBIENTE, 2013).

4.3.2.2. Protección del suelo

Art. 50.- La prevención y control de la contaminación del suelo, se regirá por los siguientes criterios:

b) Los habitantes deberán utilizar prácticas correctas en la generación, reutilización, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos domésticos, industriales y agrícolas.

4.3.2.3. Protección del medio costero-marino

Art. 51.- Para prevenir la contaminación del medio costero-marino, se adoptarán las medidas siguientes:

- a) El Ministerio, de acuerdo con la presente Ley y sus reglamentos, prevendrá y controlará los derrames y vertimientos de desechos, resultado de actividades operacionales de buques y embarcaciones; y de cualquier sustancia contaminante.
- b) El Ministerio, en coordinación con las autoridades competentes, elaborará las directrices relativas al manejo de los desechos que se originan en las instalaciones portuarias, industriales, marítimas, infraestructura turística, pesca, acuicultura, transporte y asentamientos humanos (AMBIENTE, 2013).

El crecimiento del comercio de los biocombustibles a nivel mundial, ha sacado a luz los problemas de la calidad de estos y la compatibilidad internacional de los estándares de análisis y reglamentos. Por los cambios que existen, todos han revisado sus normas para diferentes mezclas del biodiesel.

4.3.3. ASTM (American Society for Testing and Materials)

ASTM fue fundada hace aproximadamente unos 100 años en los Estados Unidos y es una organización de voluntarios que produce estándares consensuados que son aceptados internacionalmente. Los métodos ASTM son los que se utilizan para hacer referencia a un combustible en las cotizaciones del Golfo para el sistema de información de mercado Platt's.

Estándar ASTM para biodiesel

El estándar ASTM D6751 es utilizado para el biodiesel y especifica qué características se deben analizar y qué métodos de laboratorio se deben utilizar para obtener los resultados, indicando adicionalmente máximos y mínimos tolerados. En el año 2008 fue modificado y adoptó en número ASTM D6751-08. El estándar ASTM D6751 para el biodiesel fue hecho en Estados Unidos tomando en cuenta las características de su materia prima principal, el aceite de soya y las características del clima en Estados Unidos.

4.3.4. CEN (Common European Norms)

El CEN (Common European Norms) es el Comité Europeo para la Estandarización, una organización no lucrativa creada en 1961 por todos los entes de la Comunidad Europea y del EFTA (European Free Trade Association) encargados de estándares, fundada en Bruselas bajo la ley de Bélgica. Sus estándares técnicos son de cumplimiento voluntario y mantiene colaboración cercana con entidades como el ISO (International Organization for Standardization). Las propuestas nuevas que se elevan a discusión se llaman PrEN (pre-estándar) y cuando hay consenso y son aprobadas se convierten en estándares Europeos /CEN (EN European Norm) y proceden a ser aprobados por todos los países de la comunidad donde simultáneamente se dejan de usar los estándares nacionales.

Estándar CEN para biodiesel

El estándar europeo para el biodiesel, FAME (Fatty acid methyl esters o ésteres de ácidos grasos metílicos), para ser utilizado como combustible en vehículos es el EN 14214:2003 que indica los requerimientos y los métodos de análisis. Varios países como

Suecia, Alemania y Austria han tenido sus propios estándares, pero todos han cambiado por la Norma Europea Común (CEN Common European Norms) EN 14214.

4.3.5. RTCA (Reglamento Técnico Centroamericano)

En el año 2005 (circa) con la formación e implementación de la Unión Aduanera en Centroamérica se formó un subgrupo de Hidrocarburos, un organismo similar al ASTM con la diferencia que los países analizan las propuestas de reglamentos y luego de estar consensuadas entre todos, se autoriza en forma regional para facilitar el comercio entre estos países. Los miembros participantes en el subgrupo son los grupos técnicos representados por: Guatemala: COGUANOR; El Salvador: CONACYT; Honduras: SIC; Nicaragua: MIFIC y Costa Rica: MEIC.

Los miembros se reúnen al año de la implementación del reglamento y luego cada dos años para efectuar las revisiones correspondientes mediante va cambiando la industria.

Reglamento RTCA para biodiesel El número para el reglamento de biodiesel en esta institución es el número RTCA 75.02.43:07. (anexo 4) (Economía, República, Salvador, & Biodiesel, 2011).

4.3.6. Uso de B100 y relación de mezcla

Cada país miembro de la Región Centroamericana, tendrá la potestad de definir si utiliza el Biodiésel (B100) en motores de diésel diseñados o adaptados para utilizarlo en forma pura, como componente de mezcla con Aceite Combustible Diésel o ambos.

Sin embargo, el producto de la relación de mezcla de hasta un 0,05 de fracción de volumen (5% volumen) de Biodiesel (B100) con Aceite Combustible Diésel, debe cumplir

con las especificaciones del RTCA 75.02.17:06 “Productos de Petróleo. Aceite Combustible Diésel. Especificaciones”.

Mezclas con porcentajes superiores al 0,05 de fracción de volumen (5% volumen) de Biodiesel (B100) con Aceite Combustible Diésel, deben cumplir con las especificaciones establecidas por el Ente Nacional Competente de cada país miembro de la Región Centroamericana (RTCA, 2007).

5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	OPERACIONALIZACIÓN	INDICADORES											
BIDIÉSEL	Se denomina biodiésel a los ésteres metílicos de los ácidos grasos que proceden de las grasas animales y los aceites vegetales.	Reacción de Transesterificación.	Reacción del aceite residual de cocina con metóxido de potasio.	Obtención de metil éster.											
		Pruebas de laboratorio	<p>Pruebas físicas</p> Estado físico Color Olor Prueba de ignición Punto de ebullición pH Densidad Viscosidad	<p>Pruebas físicas</p> Líquido Marrón oscuro Agrio Llama constante 182°C min – 338°C máx. Entre 7 y 9 860-900 kg/m ³ a 15°C 3.5-5.0 mm ² /s a 40°C											
			<p>Pruebas químicas</p> Índice de acidez Índice de yodo Índice de saponificación Índice de refracción	<p>Pruebas químicas</p> 0.50 mg _{KOH} /g 120 g _{Yodo} /100 g 196,8 mg _{KOH} /g 1.459 a 50°C											
			<p>Pruebas espectroscópicas</p> Espectroscopia (IR)	<p>Pruebas espectroscópicas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Grupo</th> <th>Longitud (cm⁻¹)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-CH₃</td> <td>1450- 1375</td> </tr> <tr> <td>C-O (Éster)</td> <td>1080-1300</td> </tr> <tr> <td>C=O (Éster)</td> <td>1690-1760</td> </tr> <tr> <td>C-H alcano</td> <td>2850-2960</td> </tr> <tr> <td>C-H alqueno</td> <td>3020-3080</td> </tr> <tr> <td>C=C</td> <td>1640-1680</td> </tr> </tbody> </table>	Grupo	Longitud (cm ⁻¹)	-CH ₃	1450- 1375	C-O (Éster)	1080-1300	C=O (Éster)	1690-1760	C-H alcano	2850-2960	C-H alqueno
Grupo	Longitud (cm ⁻¹)														
-CH ₃	1450- 1375														
C-O (Éster)	1080-1300														
C=O (Éster)	1690-1760														
C-H alcano	2850-2960														
C-H alqueno	3020-3080														
C=C	1640-1680														

6. DISEÑO METODOLÓGICO

Esta investigación se llevó a cabo mediante la aplicación de un estudio cualitativo, en el cual se describió el tiempo, periodo y alcance de los resultados; con el propósito de tener una descripción más completa de las actividades y el procedimiento que se desarrolló.

6.1 Tipos de estudios

Según el tiempo de ocurrencia de los hechos y registro de la información es de tipo:

6.1.1. Prospectivo

Porque el análisis se hizo en el momento en que iban ocurriendo los fenómenos

Según el periodo y secuencia de estudio es de tipo:

6.1.2. Transversal

Porque el periodo en que se llevó a cabo la investigación fue en un periodo corto de tiempo equivalente a seis meses, sin ningún seguimiento posterior.

Según el análisis y alcance de los resultados es de tipo:

6.1.3. Descriptivo

Porque se hizo una caracterización física, química y espectroscópica del componente obtenido de la reacción de transesterificación con el aceite residual de cocina, con la cual se realizó una comparación del biodiesel obtenido con otros estudios realizados.

6.1.4. Experimental

Porque se basó en la manipulación de materia prima, reactivos, equipo experimental y materiales de laboratorio para la obtención del componente principal presente en el biodiesel.

De laboratorio: Porque se realizaron ensayos y pruebas químicas con la muestra en el laboratorio de Ciencias Químicas y su caracterización espectroscópica.

6.2.Instrumentos

Para la realización de las pruebas físicas, químicas y espectroscópicas se contó con materiales de vidrio (cristalería), materiales metálicos, equipo instrumental, de laboratorio y reactivos químicos (anexo 5).

6.3.Procedimientos

Planificación de la investigación: La investigación se llevó a cabo mediante las siguientes fases:

Fase 1: Se realizó un diagnóstico asistido al Hotel y Restaurante La Tortuga Verde S. A de C. V., en el cual se solicitó el permiso (anexo 6), para el ingreso a las instalaciones (figura 9) y consentimiento informado (anexo 7) por la encargada del hotel, con el fin de verificar las condiciones de recolección del aceite de cocina usado (figura 10). Cantidad de aceite recolectado y que hacen con el aceite recolectado, la que nos permitió hacer el planteamiento del tema de investigación, la cual se realizó en tres visitas al lugar donde se recolectó la materia prima.

Fase 2: Con la información recolectada en el diagnóstico realizado a través de la guía de observación, permitió la elaboración del perfil de investigación que contiene el planteamiento del problema, los antecedentes del problema a estudiar y los objetivos de la investigación.

Fase 3: Elaboración del protocolo de investigación, la que contiene la teoría fundamentada de las principales categorías y subcategorías que se estudiaron; el diseño metodológico que contiene, tipo de estudio, sujetos participantes, técnicas cualitativas y cuantitativas de recolección de datos, plan de análisis, supuestos riesgos, consideraciones éticas, presupuesto y los resultados esperados.

6.4.Ejecución de la investigación

6.4.1. Toma y traslado de la muestra.

Se programaron tres visitas a las instalaciones del Hotel y Restaurante La Tortuga Verde S. A de C. V., para la toma de muestra en el área de almacenamiento. Se procedió a trasegar un galón de aceite residual del recipiente que lo contiene a un envase plástico (figura 11), para luego ser trasladado al laboratorio de Ciencias Químicas, Sección de Química, Departamento de Ciencias Naturales y Matemática, Facultad Multidisciplinaria Oriental, para llevar acabo los ensayos experimentales y realización de pruebas de caracterización.

6.4.2. Previo tratamiento del aceite usado

Se filtró el aceite residual para eliminar los restos de comida que contenían mediante el método de filtración por gravedad (figura 12). Se calentaron 500 mL de aceite a una temperatura de 120 °C para eliminar el agua contenida en el aceite; con agitación constante durante 10 minutos (figura 13), y posteriormente se dejó reposar para disminuir su temperatura.

6.4.3. Valoración del aceite usado

Preparando la disolución a analizar

Se midió 10 mL de alcohol isopropílico en tres Erlenmeyer de 250 mL. Se añadieron de 2 a 3 gotas de la disolución de fenolftaleína, al alcohol contenido en cada Erlenmeyer y se agitaron para mezclar los líquidos. Se añadió 1 mL de aceite usado a cada Erlenmeyer y se agitaron para disolverlo.

Preparación la disolución de referencia

Se disolvió 1 gramo de hidróxido de potasio en un litro de agua destilada. Usando un embudo, se vertió la disolución en la bureta.

Realización de la valoración

Se colocó uno de los Erlenmeyer con la disolución a analizar debajo de la bureta. Se anotó la cantidad inicial de la disolución de referencia en la bureta. Lentamente se añadió la disolución de referencia, aproximadamente de 0.5 mL cada vez a la disolución de aceite y alcohol. Se agitó el Erlenmeyer. Y se continuó añadiendo la disolución de referencia a la disolución de aceite y alcohol hasta conseguir un color rosa claro y que permaneciera así durante 30 segundos aproximadamente. Se anotó el volumen usado de la disolución de referencia (en mL) de la forma siguiente:

$$\text{Volumen final} - \text{Volumen inicial} = \text{Disolución de referencia usada.}$$

Se repitió el procedimiento dos veces y se anotó la cantidad usada de la disolución de referencia en ambas pruebas. Se calculó el volumen medio de la disolución de referencia usado en las tres pruebas (T). Se usó la fórmula ($X = T + 3.5$ gramos) para determinar la cantidad de catalizador y reactivos usados para la obtención de biodiesel a partir de aceite vegetal usado. Por cada litro de

aceite, se añadieron 200 mL de metanol y X gramos de hidróxido potásico, donde $X = T+3.5$ gramos. Estas instrucciones sirven para preparar lotes de 500 mL, pero el procedimiento puede ser ampliado o reducido multiplicando las cantidades de aceite, metanol e hidróxido potásico por el mismo factor.

6.4.4. Preparación de metóxido de potasio

Se vertió 100 mL de metanol y 0.5X gramos de hidróxido de potasio en un Erlenmeyer de 250 mL. (X = al valor obtenido en el paso anterior). Se disolvió completamente el hidróxido de potasio. Nota: La reacción es exotérmica y se puede apreciar el calentamiento de la disolución.

6.4.5. Obtención de biodiésel

Se midieron 500 mL de aceite vegetal usado y se agregaron en el recipiente con el metóxido de potasio. Se agitó cuidadosamente la mezcla durante 10 minutos como mínimo (figura 14). Se vertió la mezcla en un embudo de decantación y se dejó reposar durante 24 horas (figura 15), (se comenzó a observar la separación entre la glicerina y el biodiésel a los 15 minutos; la glicerina es más densa y se depositó en el fondo del recipiente). Al día siguiente se observó que se había formado una capa de glicerina en el fondo del embudo de decantación (presentó un color más oscuro). Se abrió la llave de paso para quitar la glicerina (figura 16) y se recolectó el biodiésel en un recipiente seco libre de humedad (figura 17).

Precaución: Se tuvo precaución al manipular el aceite caliente, ya que este puede ocasionar graves quemaduras. Se usó un cubre bocas al preparar la solución del alcohol con el hidróxido de potasio, ya que este desprendía vapores, que pueden dañar el sistema respiratorio.

El producto obtenido se sometió a un proceso de purificación mediante el método de destilación simple (figura 18) para posteriormente realizarle las pruebas físicas, como: estado físico olor, color, prueba de ignición, punto de ebullición, pH, densidad y viscosidad, (anexo 8).

Pruebas químicas: Índice de acidez (anexo 9), índice de yodo (anexo 10), índice de saponificación (anexo 11), índice de refracción.

Pruebas espectroscópicas: Espectroscopia IR.

6.4.6. Análisis de los resultados

El análisis de resultados se hizo mediante una tabla de comparación de resultados obtenidos con los resultados de otros métodos utilizados en la obtención de biodiésel (Tabla 2), y a su vez, con los resultados de las pruebas de caracterización física, química y espectroscópica

Tabla 1. Comparación de resultados experimentales con resultados teóricos

Pruebas de caracterización	Resultados experimentales	Resultados teóricos	Conclusiones
Pruebas físicas	Pruebas físicas	Pruebas físicas	Las pruebas físicas nos indican que hay una pequeña variación con respecto a los datos reportados teóricamente. Esto se debe a las variables encontradas en el momento de realizar las pruebas como, por ejemplo: la temperatura, que es un factor inversamente proporcional a la viscosidad, es decir, a mayor temperatura menor viscosidad.
Estado físico	Líquido	Líquido	
Color	Café marrón	Marrón oscuro	
Olor	Rancio	Agrio	
Prueba de ignición	Llama constante	Llama constante	
Punto de ebullición	145°C	182°C min – 338°C máx.	
pH	8.90	Entre 7 y 9	
Densidad	875.46 kg/m ³	860-900 kg/m ³ a 15°C	
Viscosidad	10.96 mm ² /s a 30.1°C	3.5-5.0 mm ² /s a 40°C	
Pruebas químicas	Pruebas químicas	Pruebas químicas	Las pruebas químicas varían en relación a los datos teóricos, una de las causas de dicha variación es la pureza de los reactivos utilizados en cada una de las pruebas, otra causa es la cantidad de veces que la materia prima ha sido utilizada antes de su tratamiento, también el origen de los aceites utilizados.
Índice de acidez	0.56 mg KOH/g biodiesel ¹	0.50 mgKOH/g	
Índice de yodo	116 g _{Yodo} /g biodiesel	120 g _{Yodo} /100 g	
Índice de saponificación	195.52 mg KOH/g biodiesel	196,8 mgKOH/g	
Índice de refracción	1.451 a 31°C	1.459 a 50°C	
Pruebas espectroscópicas	Pruebas espectroscópicas		Con el espectro infrarrojo (IR) se pudo llevar a cabo la determinación de grupos funcionales, el cual se comparó con el espectro teórico, observando similitud en ambos espectros, por lo tanto, se confirma la presencia de esteres metílicos correspondiente al oleato de metilo.
Espectroscopia IR	Presencia del 96.90% de Oleato de metilo.	Presencia o ausencia de grupos funcionales claves	

6.5. Plan de análisis

Una vez obtenidos los resultados de las pruebas físicas, químicas y espectroscópicas, se hicieron las comparaciones respectivas entre cuatro espectros infrarrojos, espectro IR del biodiésel destilado (figura 19), espectro IR teórico del biodiésel (figura 20). Espectro IR del biodiésel impuro (figura 21) y espectro IR del biodiésel en comparación con otros compuestos (figura 22). Con el fin de poder observar la diferencia que existía entre ellos.

7. RESULTADOS OBTENIDOS

El porcentaje de rendimiento experimental obtenido es de 88.04 %

7.1.Pruebas físicas

Estado físico: Líquido; Color: Café marrón; Olor: Rancio; Prueba de ignición: mantiene una llama constante; Punto de ebullición: 145°C.

pH: Se tomó en un pH metro ORION STAR A211 (Thermo SCIENTIFIC) (figura 23) obteniendo un resultado de 8.90.

Densidad: Se calculó mediante la fórmula $D = m/v$, utilizando una Balanza Analítica (Aczet CY 224C) (figura 24), para pesar 5 mL de la muestra, obteniendo un resultado de 0.87546 g/ml.

Viscosidad: Se determinó usando un Viscosímetro "Fungilab" Viscolead ADV H (figura 25). Obteniendo un resultado de 9.6 cP a 30.1°C.

7.2.Pruebas químicas

Se realizaron las siguientes pruebas químicas: Índice de yodo: se obtuvo un resultado de 116 g_{Yodo}/g biodiesel (figura 26). Índice de acidez: se obtuvo un resultado de 0.56 mg KOH/g biodiesel (figura 27). Índice de saponificación: se obtuvo un resultado de 195.52 mg KOH/g biodiesel (figura 28). Índice de refracción: se realizó en un Refractómetro Milton Roy Company (figura 29) obteniendo un índice de 1.451 a 31°C.

7.3.Prueba espectroscópica

La prueba Espectroscópica Infrarroja (IR) se realizó mediante la toma del espectro en un Espectrofotómetro IR NICOLET iS5 (Thermo SCIENTIFIC) (figura 30), obteniendo como resultado un porcentaje del 96.90% del compuesto obtenido.

7.4.Prueba experimental del biodiésel

Se realizaron dos pruebas experimentales en una Motobomba a diésel (JET PRO) (figura 31), Con el fin de poder observar si existía una diferencia al usar el biodiésel puro (B100) y una mezcla de biodiesel con un combustible diésel (B80).

B100: Se usaron 1,500 mL de biodiésel, el cual dio un resultado positivo al encender la motobomba diésel. Observando una pequeña inestabilidad en su funcionamiento.

B80: Se usó una mezcla de 1,500 mL de biodiesel con 300 mL de combustible diésel. Observando una mayor estabilidad de su funcionamiento.

7.5.Interpretación de resultados cualitativos

7.5.1. Pruebas físicas

Los datos obtenidos en la realización de las pruebas físicas nos indican que hay una pequeña variación con respecto a los datos reportados teóricamente. Esto se debe a las variables encontradas en el momento de realizar las pruebas como, por ejemplo: la temperatura, que es un factor inversamente proporcional a la viscosidad, es decir, a mayor temperatura menor viscosidad. De igual forma la materia prima que se utilizó para la obtención del biodiesel, ya que su procedencia es distinta para cada caso y la cantidad de veces que ha sido utilizado el aceite antes de ser descartado varían, lo que provoca cambios en los resultados obtenidos.

7.5.2. Pruebas químicas

Los resultados obtenidos de las pruebas químicas varían en relación a los datos que se encuentran en la literatura, una de las causas de dicha variación es la pureza de los reactivos utilizados en cada una de las pruebas, otra causa es la cantidad de veces que la materia prima ha sido utilizada antes de su tratamiento, también el origen de los aceites utilizados, puesto que de esto depende el tipo de esteres predominantes en la mezcla del biodiésel obtenido.

7.5.3. Prueba espectroscópica

Mediante la realización de la prueba espectroscópica infrarrojo (IR) se pudo llevar a cabo la determinación de grupos funcionales presentes en la mezcla de biodiésel, el cual se comparó con el espectro teórico, observando similitud en ambos espectros, por lo tanto, se confirma la presencia de esteres metílicos correspondiente al oleato de metilo.

7.5.4. Prueba de funcionamiento

El biodiésel obtenido se comprobó su funcionamiento en una motobomba diésel iniciándose con una relación 100 % del biodiésel obtenido y una mezcla con relación 80:20 que corresponde a 80% biodiésel obtenido y 20% de diésel, en ambas pruebas la motobomba funcionó adecuadamente, observando que con la mezcla presentó una mayor estabilidad en su funcionamiento.

8. CONCLUSIONES

El biodiésel obtenido a partir de aceites residuales de cocina mediante el método de transesterificación utilizando un catalizador básico dió un rendimiento porcentual de 88.04% con respecto a la mezcla total, y se obtuvo el oleato de metilo en mayor porcentaje de 96.90% mediante su caracterización espectroscópica.

El método de transesterificación se puede considerar como buena alternativa para la obtención del biodiésel, debido a que su rendimiento obtenido supera el 80% establecido en los datos teóricos.

Mediante el análisis físico, químico y espectroscópico realizado, se hizo una comparación entre los resultados obtenidos y los datos teóricos; además el espectro infrarrojo (IR) que se le realizó al producto obtenido presenta similitud con respecto al espectro teórico infrarrojo (IR) para el biodiésel.

Al realizar la prueba de funcionamiento del biodiésel en una motobomba diésel, se comprobó que su funcionamiento es adecuado, comprobándose mayor estabilidad en el arranque del motor y mayor tiempo de funcionamiento, por lo tanto, se propone como combustible y apto para el funcionamiento de motobombas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación y comparados con los datos teóricos, se puede concluir que el método de obtención, las pruebas físicas, químicas y espectroscópicas son viables, debido a que el rendimiento y la prueba de funcionamiento demostraron resultados favorables.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la empresa Hotel y Restaurante La Tortuga Verde S. A de C. V implementar un nuevo sistema de reciclaje del aceite de cocina usado, como una fuente de energía renovable, para el beneficio interno de la empresa.
- A las autoridades de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, dotar de equipos espectroscópicos, viscosímetro, refractómetro al laboratorio de Química de la sección de química del Departamento de Ciencias Naturales y Matemática, para facilitar a los estudiantes en los diferentes trabajos de investigación.
- Que las autoridades de la Facultad Multidisciplinaria Oriental, establezcan convenios y entendimientos con empresas públicas y privadas, para que los estudiantes puedan desarrollar proyectos de investigación y de proyección social.
- Que la jefatura del Departamento de Ciencias Naturales y Matemática, gestione proyectos de desarrollo físico para que el laboratorio de química cuente con mejores condiciones, para facilitar el proceso de enseñanza en las investigaciones químicas.
- Que el personal docente de la sección de química incentive a los estudiantes a participar en proyectos de investigación que conlleven al crecimiento y desarrollo científico.

10.REFERENCIAS

- Acosta, A. (2012). *Biocombustible*. ANI - Academia Nacional de Ingeniería.
- Acosta, F., Castron, P., & Cortijo, E. (2008). *Manual de construcción y uso de reactor para producción de biodiésel a pequeña escala*. Soluciones Practicas.
- AMBIENTE, L. D. M. (2013). LEY DEL MEDIO AMBIENTE. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Anderson Guarnizo Franco, P. N. M. Y. (2009). *Experimentos de Química Orgánica con enfoque en ciencias de la vida*. Armenia, Quindío, Colombia: ELIZCOM S.A.S.
- Buendía, P. M. (1989). *Prácticas de química orgánica (ilustrada)*. EDITUM.
- C, N. B., Giselle Lutz C., & R., C. H. H. (2003). *Química de Alimentos (1a ed.)*. San José Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Carey, F. A. (2006). *Química orgánica (6a ed.)*. McGraw-Hill Interamericana.
- Economía, M. De, República, D., Salvador, D. El, & Biodiesel, D. E. L. E. Y. (2011). *Producto Final : Establecimiento y verificación de los requisitos de calidad del etanol y biodiesel*.
- Editor, E. C. (Ed.). (2014a). *Caída de los cuerpos en fluidos (Prácticas de Física General)* (1a ed.). Argentina: El Cid Editor | apuntes.
- Editor, E. C. (Ed.). (2014b). *Densidad (Prácticas de Física General)* (1a ed.). Argentina: El Cid Editor | apuntes.

- G., E. A., Villamizar, A., & Gafaro, A. (2009). *Evaluación del proceso de producción de biodiesel a partir de grasas amarillas con altos contenidos de ácidos grasos libres.*
- INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL. (2016). *MANUAL DE NORMAS Y PROCEDIMIENTOS DESCARTE , DISPOSICIÓN FINAL Y RECICLAJE DE BIENES EN LOS CENTROS DE ATENCIÓN Y.*
- Jorge Mario Marchetti. (2010). *BIODIESEL PRODUCTION TECHNOLOGIES.* Nueva York, Estados Unidos.
- López, J. C. (1983). *Curso de ingeniería química* (Reverte, ed.).
- Mendoza, N. P. (2009). *Obtención de los ácidos grasos del aceite de la Plukenetia volubilis L. "Sacha Inchi" para la utilización en la industria y estudio fitoquímico cualitativo de la almendra.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Muñoz, G. L. (2015). *RIESGO QUIMICO: SUS IMPLICACIONES EN LOS INCENDIOS Y LAS EXPLOSIONES.* Editorial Universitaria.
- Nations, F. and A. O. of the U. (1997). *Grasas y aceites en la nutrición humana* (O. de las N. U. para la A. y la Alimentación, ed.). Food & Agriculture Org., 1997.
- Org, F. & A. (2008). *Bosques y Energía: Cuestiones Clave.*
- Pariente, J. P. (2016). *BIOCOMBUSTIBLE.* FCE - Fondo de Cultura Económica.
- Pérez, C. G., & Cánovas, C. G. (2009). *La actuación frente al cambio climático.*
- Ralph Lloyd Shriner, Reynold C. Fuson, D. Y. C. (1985). *Identificación sistemática de compuestos orgánicos* (L. S. . DE C.V, ed.). México D.F.

RTCA. (2007). *Reglamento Técnico Centroamericano. Biocombustibles. Biodiesel (B100) y sus mezclas con aceite combustible diesel . Especificaciones . La Gaceta, Decreto Ejecutivo 34128. 2007, 6–9.*

Santo, B. R. do E. (2006). *La agroenergía en la matriz energética* (2006 IICA, ed.).

Turizo, A. V. (2004). *Guía para la elaboración de aceites comestibles, caracterización y procesamiento de nueces* (C. A. Bello, ed.). Bogotá, D.C.

FIGURAS



Figura 9. Ingreso a las instalaciones del Hotel y Restaurante La Tortuga Verde S.A de C.V



Figura 10. Recolección del aceite de cocina usado



Figura 11. Recolección del aceite en botella plástica



Figura 12. Filtración por gravedad del aceite usado



Figura 13. Agitación del aceite después del filtrado



Figura 14. Agitación de la mezcla para obtener el biodiésel



Figura 16. Reposo por 24 horas de la mezcla



Figura 15. Separación de la glicerina



Figura 18. Recolección del biodiésel en un recipiente seco



Figura 17. Destilación del biodiésel

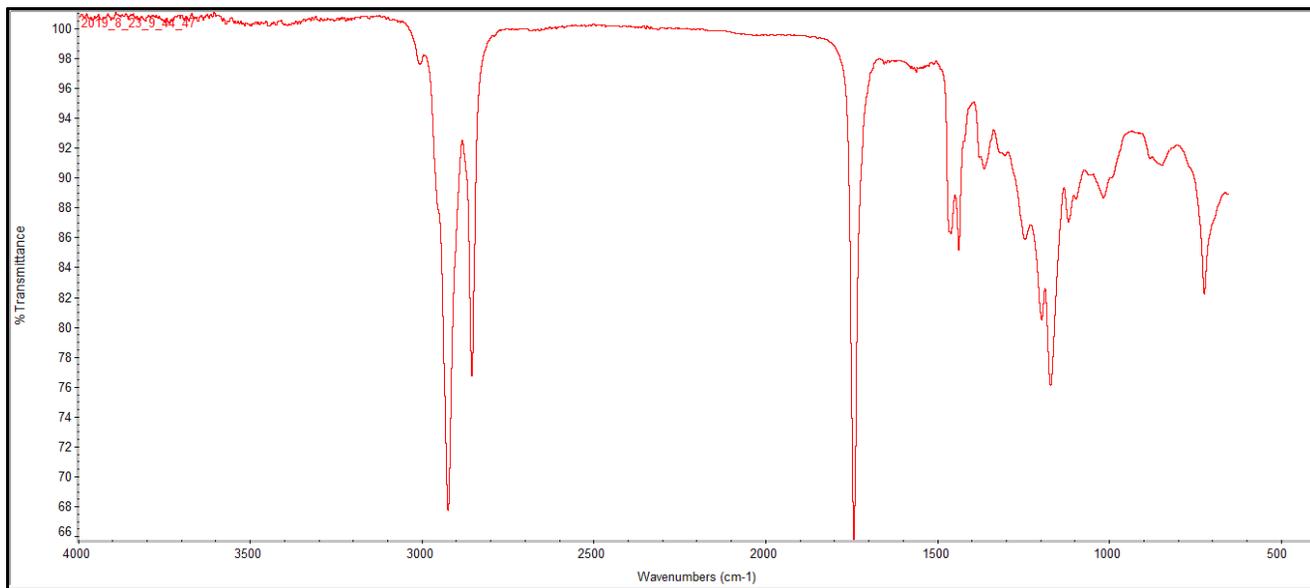


Figura 19. Espectro IR del biodiésel destilado

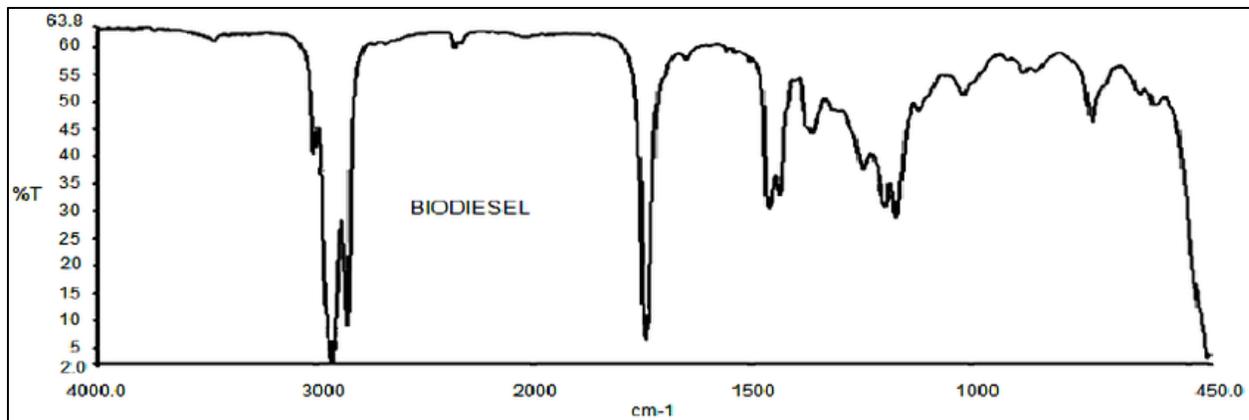


Figura 20. Espectro IR teórico del biodiésel

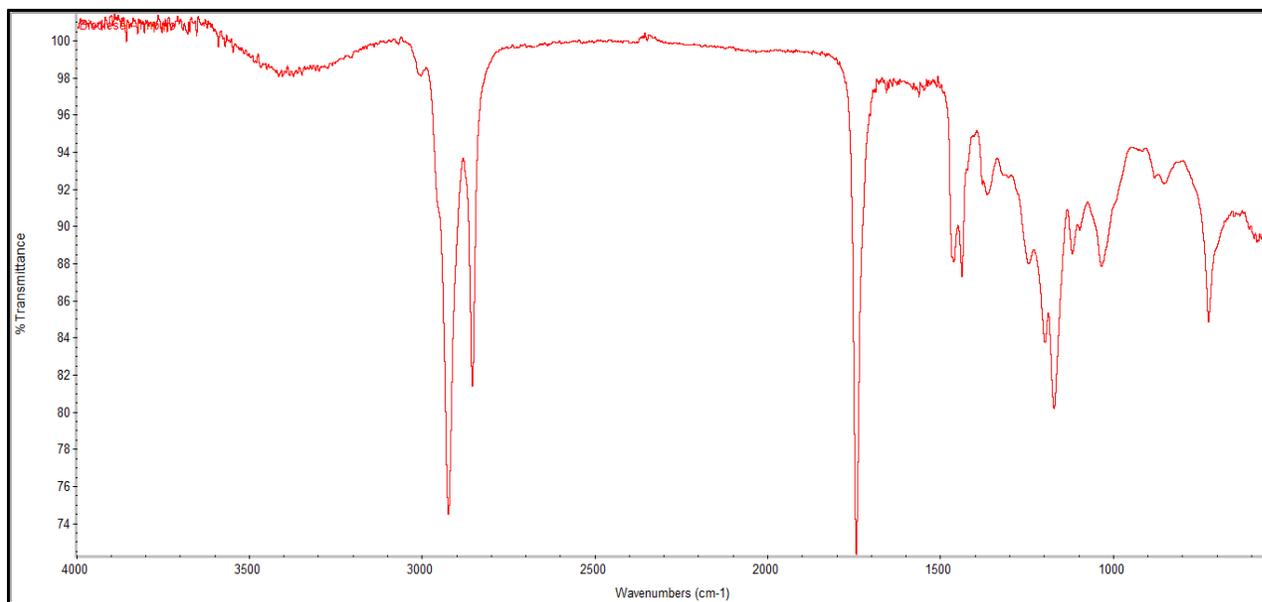


Figura 21. Espectro IR del biodiésel impuro

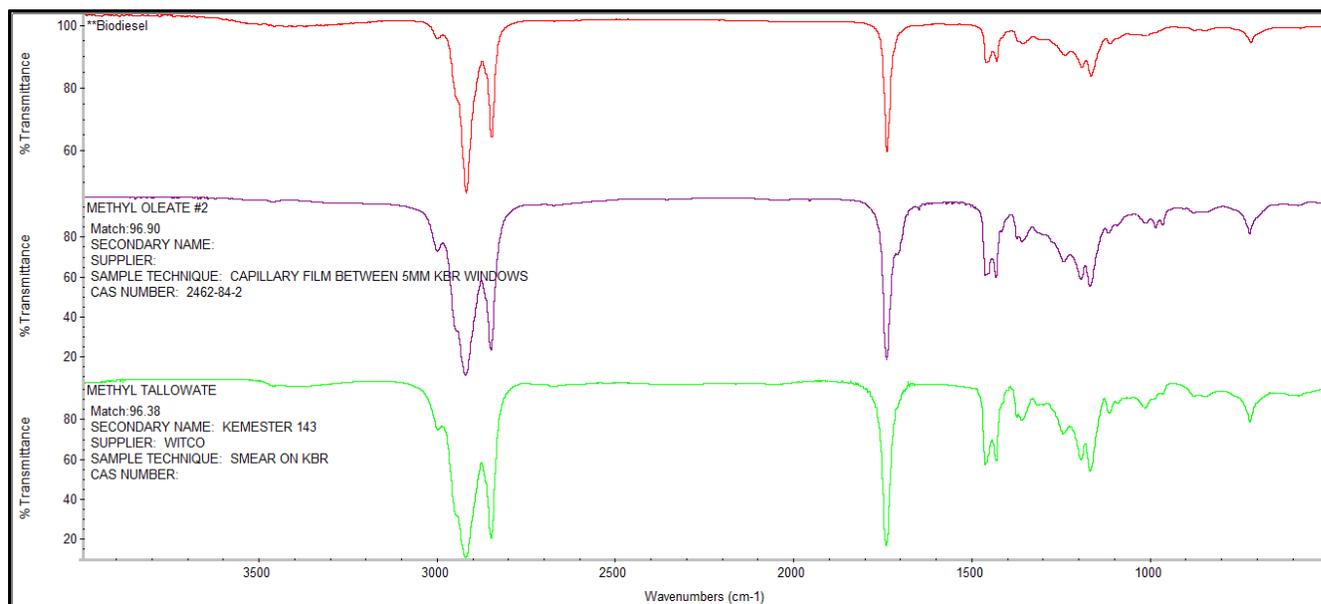


Figura 22. Espectro IR del biodiésel en comparación con el dato teórico del biodiésel

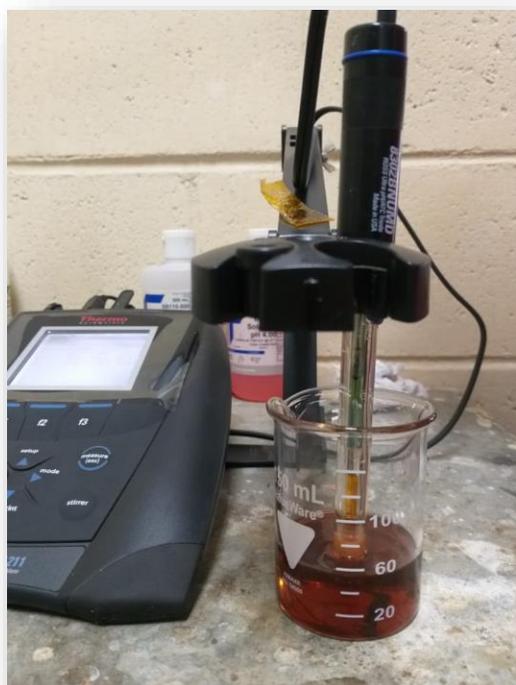


Figura 23. pH metro ORION STAR A211 (Thermo SCIENTIFIC)



Figura 24. Balanza Analítica (Aczet CY 224C)



Figura 26. Viscosímetro "Fungilab" Viscolead ADV H



Figura 25. Índice de Yodo

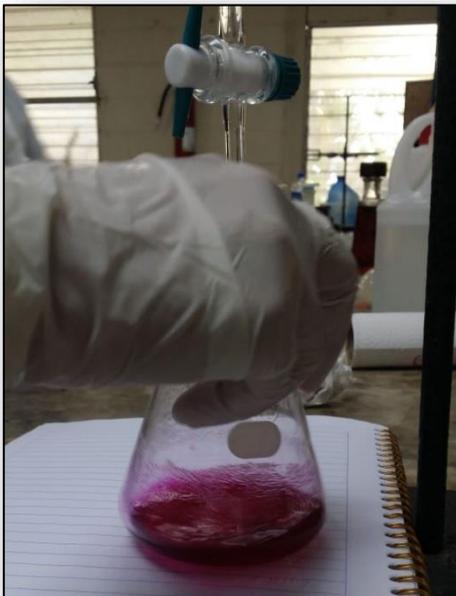


Figura 28. Índice de acidez



Figura 27. Índice de saponificación



Figura 30. Refractómetro Milton Roy Company



Figura 29. Espectrofotómetro IR NICOLET iS5 (Thermo SCIENTIFIC)



Figura 31. Motobomba a diésel (JET PRO)

ANEXOS

Anexo 1.

Norma de control de calidad para el Biodiésel ASTM D6751-08

Propiedades	Limite		Unidad	Método de prueba
	Min	Max		
Punto de inflamación	93		°C	D93
Control de alcohol Debe cumplir con una de las siguientes: 1. Contenido de metanol 2. Punto de inflamación	130	0.2	masa % °C	en 14110 D93
Agua y sedimento		0.050	% volumen	D2709
Numero acido		0.50	mg KOH/g	D664
Ceniza sulfatada		0.020	% masa	D874
Corrosión lámina de cobre		No. 3		D130
Residuo de carbono		0.050	% masa	D4530
Viscosidad cinemática	1.9	6.0	mm ² /s	D445
Número de cetano	47			D613
Punto de turbidez	Reporte		°C	D2500
Filtrabilidad de impregnado en frio		360	segundos	Anexo A1
Estabilidad de oxidación	3		horas	en 14112
Glicerina libre		0.020	% masa	D6584
Glicerina total		0.240	% masa	D6584
Sodio y potasio combinados		5	ppm (µg/g)	en 14538
Calcio y Magnesio combinados		5	ppm (µg/g)	en 14538
Azufre		0.0015 0.05	% masa (ppm)	D5453
Contenido de fosforo		0.001	% masa	D4951
Temperatura destilación Temperatura atmosférica equivalente, 90% recuperado		360	°C	D1160

Anexo 2.

Norma de control de calidad para el biodiésel EN 14214

Propiedad	Limite		Unidad	Método de prueba
	Min	Max		
Contenido de éster	96.5			en 14103
Punto de inflamación	101		°C	en iso 2719 en iso 3679
Contenido de metanol		0.20	%(m/m)	en 14110
Contenido de agua		500	mg/kg	en iso 12937
Valor ácido		0.50	mg KOH/g	en 14104
Ceniza sulfatada		0.02	%(m/m)	iso 3989
Corrosión lámina de cobre	No. 1			en iso 2160
Residuo de carbono (10% residuo dist.)		0.30	%(m/m)	en iso 10370
Contaminación total		24	mg/kg	en 12662
Densidad a 15°C	860	900	kg/m ³	en iso 3675 en iso 12185
Viscosidad cinemática	3.5	5.0	mm ² /s	en iso 3104
Numero de cetano	51			en iso 5165
Estabilidad de oxidación, 110°C	6		Horas	en 14112
Glicerina libre		0.020	%(m/m)	en 14105 en 14106
Glicerina total		0.240	%(m/m)	en 14105
Contenido de monoglicéridos		0.80	%(m/m)	en 14105
Contenido de diglicéridos		0.20	%(m/m)	en 14105
Contenido de triglicéridos		0.20	%(m/m)	en 14105
Índice de yodo		120	g yodo/100 g	en 14111
Contenido de ácido linolénico		12	%(m/m)	en 14103
Contenido de fame con 24 enlaces dobles		1	%(m/m)	
Metales Grupo I(Na + K)		5	mg/g	en 14108 en 14109 en 14138
Metales Grupo II(Ca + Mg)		5	mg/g	en 14138
Azufre		10	mg/kg	en iso 20846 en iso 20884
Contenido de fósforo		4	mg/kg	en 14107

Anexo 3.

Norma de control de calidad para el Biodiésel DIN V 51606

CARACTERISTICAS	UNIDAD	DIN 51606
Densidad a 15 °C	g/cm ³	0.875-0.90
Viscosidad a 40 °C	mm ² /s	3.5-5.0
Punto de inflamación	°C	min. 110
	°C verano	máx. 0°C (32F)
Sulfuro total	% masa	0.01
Residuos de Carbono Conradson (CCR) a 100%	% masa	máx. 0.05
Numero de cetano	-	min.49
Contenido de ceniza	% masa	máx.0.03
Contenido de agua	mg/Kg	máx. 300
Agua y sedimentos	vol. %	-
Contaminación total	mg/Kg	máx. 20
Corrosión del cobre (3 hr. 50 °C)	grado de corrosión	1
Valor de neutralización	Mg	máx. 0.5
Contenido de metanol	% masa	máx. 0.3
Monoglicéridos	% masa	máx. 0.8
Diglicéridos	% masa	máx. 0.4
Triglicéridos	% masa	máx. 0.4
Glicerina libre	% masa	máx. 0.02
Total de Glicerina	% masa	máx. 0.25
Numero de Yodo	-	máx. 115
Fosforo	mg/Kg	máx. 10
Contenido de alcalinos (Na + K)	mg/Kg	máx. 5

Anexo 4.

Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 75.02.43.07

Especificación de calidad para el Biodiesel (B100)

Características	Unidades	Método de Análisis	Valores
Aditivos	-----	-----	Reportar
Contenido de esteres	Fracción de masa (% masa)	En 14103	0,965 (95,9) min.
Gravedad API a 15.56°C (60 °F) o Densidad a 15°C	°API Kg/m3	ASTM D-287 ASTM D-1298	Reportar
Estabilidad a la oxidación, 110°C	H	EN 14112	6,0 min.
Punto de inflamación (“Flash point”)	°C	ASTM D 93	130,0 min. ^C
Agua y sedimentos	Fracción de volumen (%volumen)	ASTM D 2709	0,00050 (0,050) máx.
Viscosidad cinemática a 40 °C	mm2/s	ASTM D-445	1,9 – 6.5 ^D
Ceniza sulfatada	Fracción de masa (% masa)	ASTM D 874	0,00020 (0,020) máx.
Contenido de azufre total ^E	mg/Kg	ASTM D 5453	15 máx.
Corrosión tira de cobre, 3 h, 50 °C	-----	ASTM D 130	Nº 3 máx.
Numero de cetanos	-----	ASTM D 613	47 min.
Punto de enturbamiento ^F	°C	ASTM D 2500	Reportar
Residuo de carbón ^G	Fracción de masa (% masa)	ASTM D 4530	0,00050 (0,050)
Numero acido	Mg KOH /g	ASTM D 664	0,50 máx.
Glicerina libre	Fracción de masa (% masa)	ASTM D 6584	0,00020 (0,020) máx.
Glicerina total	Fracción masa (% masa)	ASTM D 6584	0,00240 (0,240) máx.
Contenido de fosforo	Fracción de masa (% masa)	ASTM D 4951	0,00001 (0,001) máx.
Temperatura de destilación, temperatura equivalente atmosférica, 90% recuperado	°C	ASTM D 1160	360 máx.
Sodio (Na) y potasio (K) combinados	mg/Kg	EN 14538	5 máx.
Calcio (Ca) y magnesio (Mg) combinados	mg/Kg	EN 14538	5 máx.

Anexo 5.

Cuadro de materiales, equipos y reactivos

MATERIAL DE VIDRIO	MATERIAL METÁLICO	EQUIPO DE LABORATORIO	REACTIVOS
Ampolla de separación	Espátula,	Hot plate	Hidróxido de potasio
Beaker de 1000 ml,	Soporte metálico	Balanza analítica (Aczet CY 224C),	Metanol
Beaker de 250 ml	Pinzas para soporte	pH metro ORION STAR A211 (Thermo SCIENTIFIC).	Alcohol isopropílico,
Beaker de 50 ml	Aro metálico	Espectrofotómetro UV- VISIBLE (UV-1700),	Yoduro de potasio,
Erlenmeyer de 250 ml	Malla de asbesto	Espectrofotómetro IR NICOLET iS5 (Thermo SCIENTIFIC).	Cloroformo,
Probeta de 10 ml	Agitador magnético,	Motobomba a diésel (JET PRO).	Ácido acético,
Probeta de 25 ml,		Viscosímetro "Fungilab" Viscolead ADV H.	Reactivo de Hanus,
Bureta de 50 ml		Refractómetro Milton Roy Company.	Fenolftaleína,
Embudo de vidrio			Ácido clorhídrico,
Vidrio de reloj			Tiosulfato de sodio,
Agitador de vidrio			Almidón al 1%,
Capsula de porcelana,			Agua destilada
Kit de destilación simple,			Aceite de cocina usado (materia prima).
Termómetro de mercurio de 400 °C,			
Tubos de ensayo,			
Pipeta graduada de 10 ml			
Balón volumétrico de 250 ml.			
Picnómetro de 5 ml			

Anexo 6.

Permiso para el ingreso a las instalaciones

Miércoles 27 de marzo de 2019

Estimada Elsa Verónica Sánchez, reciba un cordial saludo ya a la vez nuestros deseos de éxito en sus labores diarias.

El motivo de la presente, es para exponerle de manera formal que, como estudiantes egresadas de la carrera de Licenciatura en Ciencias Químicas de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental, ejecutaremos el proceso de grado con nombre: **"BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITES RESIDUALES DE COCINA, MEDIANTE EL MÉTODO DE TRANSESTERIFICACIÓN Y SU CARACTERIZACIÓN ESPECTROSCÓPICA EN EL AÑO 2019"**. Tomando como materia prima el aceite de cocina usado, resultado de las frituras de cocina en restaurantes, por tal motivo hemos tomado en cuenta al Hotel y Restaurante La Tortuga Verde S. A de C. V., dicha empresa que siempre tiene como objetivo la protección del medio ambiente y cuidado de recursos naturales. Al ser ejecutado el proyecto con materia prima de su restaurante, les ofrecería otra forma de tratar el aceite que ya no es posible reutilizar.

De ser aceptada nuestra solicitud estamos dispuestos a aceptar sus condiciones de ingreso a las instalaciones de acorde a las normativas exigidas por la empresa.

Esperando una respuesta favorable de su parte, nos despedimos:

SOLICITANTES

F: 
Br. Bethis Carolina Márquez Medina

F: 
Br. Zoila Marina Saz Pimentel

F: 
Br. Karen Esmeralda Vásquez Pérez

DOCENTE DIRECTOR

F: 
Lic. Abel Martínez López

RECEPTORA



F: 
Elsa Verónica Sánchez
Administradora general de Hotel y Restaurante
La Tortuga Verde



Anexo 7. Consentimiento informado

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
SECCIÓN DE QUÍMICA

Yo, _____, con DUI _____, se me explicó en qué consistía la investigación y he tenido la oportunidad de hacer preguntas y estoy satisfecha con las respuestas brindadas por las investigadoras.

Por tanto otorgo mi consentimiento para participar en la investigación “BIODIÉSEL A PARTIR DE ACEITES RESIDUALES DE COCINA, MEDIANTE EL MÉTODO DE TRANSESTERIFICACIÓN Y SU CARACTERIZACIÓN ESPECTROSCÓPICA EN EL AÑO 2019”.

Consiento voluntariamente y convengo en participar en este estudio de investigación, la cual será notificada y convocada por escrito a las reuniones en esta empresa.

Firma y Huella dactilar de la persona que brindará información.

Anexo 8.

Cuadro de propiedades físicas

Propiedades Físicas	Descripción
Estado físico	Se toma nota si la sustancia es líquida, sólida o viscoso.
Color	Se coloca 5ml de la muestra obtenida en un tubo de ensayo posteriormente se eleva a una altura de los ojos y se procede a visualizar.
Olor	Se coloca 5ml de la muestra obtenida en un tubo de ensayo posteriormente se hace viraje con la mano en dirección de la nariz y se inhala de manera breve.
Prueba de ignición	La muestra obtenida se coloca en un crisol y se acerca a la orilla una llama para determinar su inflamabilidad. Después se calienta suavemente sobre una llama débil y finalmente se incinera calentando fuertemente.
Punto de Ebullición	En un tubo de ensayo pequeño se añade 2 ml de la muestra obtenida, se le introduce un capilar sellado por uno de sus extremos de modo que el extremo abierto toque el fondo del tubo, y luego se adiciona el termómetro. Todo lo antes mencionado debe ser colocado dentro de un vaso de precipitado el cual se hace en un baño de parafina líquida. Posteriormente se procede

	<p>a calentar, hasta que el capilar se desprenda un rosario continuo de burbujas, en seguida se suspende el calentamiento y en el instante que el líquido entre por el capilar se lee la temperatura de ebullición mediante el termómetro.</p>
pH	<p>En un vaso de precipitado colocar una solución buffer de pH4 y pH7 e introducir el electrodo y agitar por un minuto y procediendo a la lectura, con esto para calibrar el dispositivo. Ya teniendo calibrado se procede a introducir los electrodos en la muestra obtenida, agitar por un minuto y luego se procede a la lectura.</p>
Densidad	<p>En una balanza analítica colocar un picnómetro y calibrar (tare), después con un gotero colocar la muestra obtenida dentro del picnómetro y dar inicio a la lectura. Posteriormente se procede a sustituir la fórmula de densidad. $D = m/v$ expresada en Kg/ m³</p>

Anexo 9.

Índice de acidez

Procedimiento experimental

- Consiste en una valoración ácido-base.
- Como reactivo valorante debe usarse una disolución de KOH 0,1 N ó 0,5 N estandarizada previamente y como indicador se usa fenolftaleína al 0,1% en etanol.
- Pesar con una aproximación de 0,01 g entre 10 y 15 g de aceite en un erlenmeyer, previamente tarado.
- Añadir 50 mL de la mezcla disolvente (alcohol-éter etílico) previamente neutralizada con KOH 0,01 y agitar.
- Añadir 5 mL de indicador fenolftaleína.
- Cargar la bureta con la disolución de KOH 0,5 N ó 0,1N, según se indique.
- Enrasar y comenzar la valoración, agitando continuamente, hasta viraje del indicador.
- Anotar los mL de KOH gastados.

$$\text{Grado de acidez (\% de ácido oléico)} = \frac{V_{\text{KOH}} \cdot M \cdot N}{10 \cdot P_{\text{ACEITE}}} \quad (1)$$

$$\text{Índice de acidez} = \frac{56,1 \cdot V_{\text{KOH}} \cdot N}{P_{\text{ACEITE}}} \quad (2)$$

V= volumen en mL de la disolución de KOH utilizada

N= normalidad exacta de la solución de KOH utilizada

M= masa molecular del ácido graso en que se expresa la acidez Mm ác. oléico = 282 g/mol;
Mm ác. palmítico = 256g/mol; Mm ác. láurico= 200g/mol P= peso en gramos del aceite problema

Anexo 10.

Índice de yodo (método de Hanus)

Reactivos:

- Solución de yodo de Hanus
- Cloroformo (CHCl₃)
- Yoduro de potasio (KI) al 15 %
- Tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃) al 0,1 N
- Solución de almidón al 1%

Procedimiento:

1. Pesar alrededor de 4 gotas de aceite (0,1 g de grasa) en una fiola de yodo de 500 ml o en frasco con tapón de vidrio (se acostumbra a pesar 0,5 g de grasa; 0,25 g de aceite y de 0,1-0,2 g de aceite con un alto poder absorbente).
2. Disolver en 10 ml de cloroformo. Añadir con pipeta volumétrica de 10 ml de la solución Hanus y dejar reposar exactamente 30 minutos en la oscuridad agitando ocasionalmente (el exceso de yodo debe ser mayor o igual al 60% de la cantidad añadida).
3. Añadir 5 ml de solución de KI al 15%, agitar vigorosamente y añadir 100 ml de agua recién hervida y enfriada, lavando cualquier cantidad de yodo libre de la tapa.
4. Titular el yodo con tiosulfato 0,1 N añadiéndolo gradualmente, con agitación constante, hasta que el color amarillo de la solución casi desaparezca.
5. Añadir 1 ml del indicador. Continuar la titulación hasta que el color azul desaparezca completamente.
6. Hacia el fin de la titulación, tapar el Erlenmeyer y agitar vigorosamente de manera que todo el yodo remanente en la capa de cloroformo pase a la capa de yoduro de potasio. Correr un blanco con la muestra.
7. Cálculos: El número de mililitros de tiosulfato 0,1 N requeridos por el blanco (V_B) menos los usados en la determinación de la muestra (V_M) dan la cantidad de tiosulfato equivalente al yodo absorbido por la grasa o el aceite. Calcular el porcentaje en peso de yodo absorbido:

$$\text{Índice de Iodo} = \frac{(V_B - V_M) \cdot N \cdot 12,67}{\text{peso} \cdot \text{de} \cdot \text{muestra}}$$

Anexo 11.

Índice de saponificación

Reactivos:

- Solución alcohólica de hidróxido de potasio (KOH) 0,5 N
- Ácido clorhídrico (HCl) 0,5 N
- Fenolftaleína al 1% en alcohol de 95%

Procedimiento:

1. Pesar alrededor de 2,5 ml de muestra (filtrada si el aceite no es transparente) en un Erlenmeyer de 250-300ml
2. Pipetear 25 ml de la solución de KOH
3. Conectar el condensador y hervir hasta que la grasa este completamente saponificada (aproximadamente 30 minutos)
4. Enfriar y titular con HCl 0,5 N usando fenolftaleína (1 ml) como indicador
5. Correr un blanco junto con las muestras usando la misma pipeta para medir la solución de KOH
6. Cálculos: reportar el índice de saponificación como los mg de KOH requeridos para saponificar un g de grasa.
- 7.

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{(V_B - V_M) \cdot N \cdot 56,1}{\text{peso} \cdot \text{de} \cdot \text{la} \cdot \text{muestra}}$$

Donde:

V_B = volumen de HCl 0,5 N gastado para titular el blanco

V_M = volumen de HCl 0,5 N gastado para titular la muestra

Anexo 12.

Glosario

Aceites residuales de cocina: Es el producto utilizado en el cocinado de alimentos doméstico, centros e instituciones, hostelería, el cual tiene la intención o la obligación de desechar.

Biodiesel: Es un líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación de sustitutos totales o parciales del petrodiesel o gasóleo .

Bioetanol: Tiene las mismas características y composición química que el etanol ya que se trata del mismo compuesto.

Combustible líquido fósil: Se ha formado a partir de la acumulación de grandes cantidades de restos orgánicos provenientes de plantas y de animales.

Condensación: Es el cambio de estado de la materia que se encuentra en forma gaseosa (generalmente en vapores) y pasa a forma líquida.

Destilación simple: Es la operación de hervir el líquido de un recipiente – caldera- condensándose aparte los vapores que constituirán el destilado.

Destilación: Constituye el método más frecuente e importe para la purificación de líquidos.

El biogás: Es un gas combustible que se genera en medios naturales o en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de la materia orgánica.

Electrones: Es un tipo de partícula subatómica que presenta carga eléctrica negativa.

Energía no renovable: son aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en cantidades limitadas, las cuales, una vez consumidas en su totalidad, no pueden sustituirse.

Energía renovable: Es la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, y es capaces de regenerarse por medios naturales.

Esterificación: Es una reacción de un ácido carboxílico con un alcohol (etanol) en medio ácido para producir un éster.

Etanol: Se obtenido a partir de la fermentación de los azúcares que puede utilizarse como combustible.

Lipasas: Es una enzima que se usa en el organismo para disgregar las grasas de los alimentos de manera que se puedan absorber.

Molécula: Es la más pequeña parte de una sustancia que podía tener existencia independiente y estable conservando aún sus propiedades fisicoquímicas.

Punto de ebullición: Es una sustancia es la temperatura a la cual la presión de vapor del líquido es igual a la presión que rodea al líquido y el líquido se transforma en vapor

Saponificación: La reacción que produce la formación de jabones. La principal causa es la disociación de las grasas en un medio alcalino, separándose glicerina y ácidos grasos.

Transesterificación: Es una reacción entre un triglicérido con un alcohol, normalmente metanol, en presencia de un catalizador básico.

Viscosidad: Es una característica de los fluidos en movimiento, que muestra una tendencia de oposición hacia su flujo ante la aplicación de una fuerza, la cual es medida con un viscosímetro.

Volatilidad: Se ha definido también como una medida de la facilidad con que una sustancia se evapora.

Anexo 13.

Abreviaturas

760 mm: El milímetro de mercurio (mmHg)¹² es una unidad de presión manométrica.

ASTM: (*American Society for Testing and Materials*)

BX: Donde x representa el porcentaje de biodiésel en la mezcla. Por ejemplo, B20, es la mezcla más común, es el 20% de biodiésel y el 80% de diésel regular.

CEN: (Common European Norms)

DIN V: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)

EFTA: (European Free Trade Association)

EM: Espectrometría de masas

EN 14214: Norma de control de calidad para el biodiésel

Europeos/CEN: (EN European Norm)

FAME: (Fatty Acid Methyl Ester)

IR: Espectroscopia de Infrarrojo

ISO: (International Organization for Standardization).

kg/m³: El kilogramo por metro cúbico

kg/m³: Kilogramo por metro cúbico

MAN: (Maschinenfabrik Augsburg Nürnberg)

mgKOH/g: Es el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1g de grasa

mL: Mililitros presentes en una solución.

mm²/s: Es la unidad de viscosidad cinemática en el Sistema Cegesimal de Unidades

RAC: (Residuos agrícolas).

RMN: Espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear

RTCA: (Reglamento Técnico Centroamericano)

TG: Triacilgliceroles

UV- VIS: Espectroscopia Ultravioleta - Visible

II: Es un enlace covalente formado por la hibridación de dos orbitales atómicos

