



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis*
(higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL

AUTOR:

WILMER RAMIREZ LIZANA

ASESOR:

Dr. HERRY LLOCLLA GONZALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

CHICLAYO – PERÚ

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 3.00 pm. horas del día 25 de enero del 2019, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 0161-2019/UCV-CH, de fecha 21 de enero de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada:

"Eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo".

Presentado por el (la) Bachiller: RAMIREZ LIZANA, WILMER, con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Ambiental, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

PRESIDENTE : Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez

SECRETARIO (A) : Mgtr. Ingrid Aracelli Cassana Huamán

VOCAL : Dra. María Raquel Maxe Malca

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR UNANIMIDAD

Siendo las 4.00 pm., del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 25 de enero del 2019

Presidente

Secretario (a)

Vocal

DEDICATORIA

A Dios y a mi familia en general por instruirme el valor del trabajo digno, responsabilidad, integridad y ser quienes siempre han estado a mi lado en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Agradecer primero a Dios, por brindarme la paciencia y sabiduría para poder realizar esta tesis. Del mismo modo un total agradecimiento a mi familia por el soporte absoluto.

A los diferentes profesores por las asesorías brindadas, consejos, conocimientos y dedicación en el progreso de esta investigación. A mis amigos por eternamente estar allí y por todos los momentos compartidos.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

La presente tesis representa el requisito para obtener el título de ingeniero ambiental en la facultad de ingeniería de la universidad César Vallejo.

Yo Wilmer Ramírez Lizana con DNI N° 72686167, declaro que la investigación denominada "Eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo" es auténtica y original. En tal sentido expreso que el contenido es de mi responsabilidad.

Chiclayo, Julio del 2018.



Wilmer Ramírez Lizana

DNI: 72686167

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En el cumplimiento con el reglamento de grados y títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la siguiente tesis denominada “Eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo”, la misma que espero que cumpla con todas las exigencias de aprobación para recibir el título profesional de ingeniero ambiental.

El desarrollo de esta investigación consta de siete partes, donde primeramente se destaca una introducción, método, resultados, discusión, conclusiones, recomendaciones y referencias bibliográficas.

El objetivo principal de esta investigación es determinar la eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo donde se verificará su rendimiento e importancia para ser usado en reemplazo del combustible común. También se espera que estos temas relacionados a la elaboración de combustibles biodegradables se desarrollen con más frecuencia, para poder generar nuevos conocimientos y resolver problemas que afronta el ambiente.

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad Problemática.....	14
1.2. Trabajos Previos.....	16
1.3. Teorías Relacionadas al Tema	23
1.3.1. Taxonomía del <i>Ricinus communis</i>	23
1.3.2. Generalidades de <i>Ricinus communis</i>	23
1.3.3. Morfología de la planta.....	24
1.3.4. Subespecies de <i>Ricinus communis</i>	26
1.3.5. Importancia del Cultivo.....	27
1.3.6. Descripción de la Semilla de <i>Ricinus communis</i>	28
1.3.7. Biodiesel de <i>Ricinus communis</i>	30
1.3.8. Transesterificación con Catalizador y Solvente	35
1.3.9. Usos del Biodiesel de <i>Ricinus communis</i>	36
1.4. Formulación del Problema	36
1.5. Justificación del Estudio	36
1.6. Hipótesis	37
1.7. Objetivos	38
II. MÉTODO.....	38
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	38
2.2. Variables, Operacionalización.....	39
2.3. Población y Muestra	42
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad	42
2.5. Métodos de Análisis de Datos.....	48
2.6. Aspectos Éticos	48

III. RESULTADOS	48
3.1. Rendimiento de Semilla.....	48
3.2. Rendimiento de Aceite	49
3.3. Análisis Físicoquímico del Aceite.....	51
3.4. Elaboración de Biodiesel del Aceite de <i>Ricinus communis</i>	52
3.4.1. Rendimiento de biodiesel.....	52
3.5. Análisis físicoquímico del biodiesel	56
3.5.1. Color	56
3.5.2. pH.....	57
3.5.3. Densidad.....	61
3.5.4. Viscosidad	64
3.5.5. Índice de refracción.....	68
3.6. Pruebas de biodiesel	70
3.7. Comparaciones de eficiencia del biodiesel de <i>Ricinus communis</i> y diésel de petróleo	71
IV. DISCUSIÓN.....	72
V. CONCLUSIONES.....	75
VI. RECOMENDACIONES.....	76
VII. REFERENCIAS	77
ANEXOS	80
Acta de aprobación de originalidad de tesis	98
Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional UCV.....	99
Reporte de originalidad de tesis.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de la variable dependiente.....	40
Tabla 2: Operacionalización de la variable independiente	41
Tabla 3: Transesterificación del biodiesel.....	45
Tabla 4: Instrumentos	47
Tabla 5: Insumos	47
Tabla 6: Resultados de análisis del aceite	51
Tabla 7: Rendimiento de biodiesel por tratamiento.....	52
Tabla 8: Media de los rendimientos de biodiesel	53
Tabla 9: Anova de los resultados del rendimiento de biodiesel	53
Tabla 10: Pruebas post hoc	54
Tabla 11: Subconjuntos homogéneos.....	54
Tabla 12: Color del biodiesel	56
Tabla 13: Resultados del ph del biodiesel	57
Tabla 14: Media de ph del biodiesel	58
Tabla 15: Anova de los resultados del ph del biodiesel	58
Tabla 16: Pruebas post hoc	59
Tabla 17: Subconjuntos homogéneos.....	59
Tabla 18: Densidad del biodiesel	61
Tabla 19: Media de la densidad del biodiesel	61
Tabla 20: Anova de los resultados de la densidad del biodiesel	62
Tabla 21: Pruebas post hoc	62
Tabla 22: Subconjuntos homogéneos.....	63
Tabla 23: Viscosidad del biodiesel.....	64
Tabla 24: Media de la viscosidad del biodiesel.....	65
Tabla 25: Anova de los resultados de la viscosidad del biodiesel.....	65
Tabla 26: Pruebas post hoc	66
Tabla 27: Subconjuntos homogéneos.....	67
Tabla 28: Índice de refracción del biodiesel	68
Tabla 29: Conversión de grado brix a índice de refracción	69
Tabla 30: Pruebas de biodiesel	70
Tabla 31: Comparaciones de biodiesel y diésel	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Rendimiento de semilla de <i>Ricinus communis</i>	48
Figura 2: Rendimiento en masa de aceite.....	50
Figura 3: Medias de rendimientos de biodiesel	55
Figura 4: Media del pH del biodiesel	60
Figura 5: Media de densidad del biodiesel.....	64
Figura 6: Media de viscosidad del biodiesel.....	67
Figura 7: Promedio de índice de refracción del biodiesel	69
Figura 8: Comparaciones de combustibles	71

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo está encaminado a buscar una solución al alto índice de contaminación que generan los diferentes usos de combustibles tradicionales. El objetivo principal de esta investigación es determinar la eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo.

El tipo de investigación es aplicada ya que busca la solución de un problema, se empleó un diseño cuasi experimental. La población está conformada por el aceite extraído de los 18 kilos de semilla de *Ricinus communis* recolectada del distrito de la Coipa provincia de San Ignacio y recopilando como muestra 5 litros de aceite para poder realizar los procesos de transesterificación que da como resultado el biodiesel.

Los resultados más significativos fue que la producción de biodiesel a partir de los aceites de semillas de *Ricinus communis* y sus propiedades fisicoquímico representan una excelente calidad para ser usado como un combustible alternativo. Se llegó a concluir que la eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo es alta ya que genero altos índices de porcentajes de rendimiento de biodiesel y las propiedades fisicoquímico del biodiesel obtenido de *Ricinus communis* presentan una alta eficiencia, considerando así este combustible como una excelente alternativa ecológica y económica para ser utilizado y así poder disminuir los altos índices de contaminación que generan los combustibles fósiles.

Palabras claves: Semilla, aceite, transesterificación, biodiesel.

ABSTRACT

The present research work is based on the efficiency of biodiesel from *Ricinus communis* (fuel) alternative fuel oil, Chiclayo is aimed at finding a solution to the high rate of pollution generated by the different uses of traditional fuels. The main objective of this research is to determine the efficiency of biodiesel from *Ricinus communis* seed oil (higuerilla) as an alternative fuel, Chiclayo.

The type of research is applied since it seeks the resolution of a problem, where a quasi-experimental design was used. The population is made up of the oil extracted from the 18 kilos of *Ricinus communis* seed collected from the district of Coipa province of San Ignacio and collecting as a sample 5 liters of oil to be able to carry out the processes of transesterification of the oil that results in biodiesel.

The most significant results were that the production of biodiesel from *Ricinus communis* seed oils and their physicochemical properties represent an excellent quality to be used as an alternative fuel. It was concluded that the biodiesel efficiency of *Ricinus communis* seed oil (castor bean) as an alternative fuel is high since it generates high rates of biodiesel yield percentages and the physicochemical properties of the biodiesel obtained from *Ricinus communis* present a high efficiency, considering this fuel as an excellent ecological and economic alternative to be used and thus to reduce the high levels of pollution generated by fossil fuels.

Keywords: Seed, oil, transesterification, biodiesel.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental que se viene proporcionando en los últimos años es por las diferentes actividades que el ser humano viene generando a diario, como el transporte que acarrea consigo un grave daño a la ecología por los diversos contaminantes que emite. Es por eso que observando esta problemática y se hace necesario ir en busca de nuevos combustibles limpios y amigables con el ambiente, que disminuyan las emisiones de efecto invernadero. Por tal razón abordaremos a desarrollar este tema que es de suma importancia para poder minimizar los altos índices de contaminación.

En esta investigación se elabora un biodiesel producido del aceite de las semillas de *Ricinus communis* que puede ser utilizado en representación de los otros combustibles tradicionales. Esto también permite tener una mejor conservación de los recursos naturales ya que este combustible es biodegradable y libre de azufre, por tal motivo es una buena alternativa para el uso como combustible. Con la elaboración estamos proporcionando un valor agregado a este vegetal ya que en el Perú y en muchas partes del mundo es considerado como una maleza.

El presente desarrollo de investigación tiene como objetivo principal, determinar la eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo. Para cumplir con este objetivo se realizará el proceso de transesterificación del aceite que da como resultado la producción de biodiesel donde posteriormente a ello se llevará a cabo un análisis físicoquímico para poder determinar su calidad.

El proceso de fabricación de biodiesel extraído del aceite de las semillas de *Ricinus communis* se desarrolló de manera satisfactoria quedando como una alternativa necesaria para sustituir los combustibles tradicionales por el biodiesel, ya que trae consigo grandes beneficios ambientales como la disminución de agentes contaminantes.

1.1. Realidad Problemática

En el mundo en el que estamos viviendo se está enfrentando a una gran crisis de los combustibles tradicionales y la pérdida de biodiversidad del ambiente. El origen indiscriminado y la utilización de combustibles tradicionales nos han conllevado a una importante disminución en las reservas y conservación de combustible mundial. Viendo la realidad que afecta mucho a la calidad ambiental y salud de la población nos ha llevado a dirigirnos a una búsqueda de un combustible alternativo para la utilización de motores de cualquier índole, que debe tener una sostenibilidad ambientalmente amigable.

Hoy en día en la actualidad hay países que están dando una enérgica investigación para la producción de biocombustibles de origen biológico, tales como aceites vegetales, biogás y biocombustibles. La utilización de estos biocombustibles será de suma importancia para el medio ambiente ya que las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y de dióxido sulfuroso (SO₂) se reducen de manera considerable.

Pero, por otro lado, también hay dificultades en algunos países del mundo, porque ven al *Ricinus communis* como una maleza. Por tal razón no se ha desarrollado en un buen porcentaje; pero para otros países es un cultivo considerado de suma importancia en la industria, elaborando combustibles que no afectan al medio ambiente y que esperamos que en el futuro las instituciones o investigadores empiezan a profundizar más sus estudios en esta planta ya que tiene diversas utilidades que aún faltan estudiarse.

Según FAOSTAT (2010) señala que “en la actualidad no existen datos precisos de la superficie sembrada de *Ricinus communis* (higuerilla) ni de niveles de producción de semilla o rendimiento de aceite, principalmente debido a que no es considerado un cultivo sino más bien una maleza” (p.6).

En muchos países del mundo, principalmente la India es el que más se dedican a la elaboración de biodiesel de semilla de higuerilla, con un buen

porcentaje de 1,171,000 toneladas abasteciendo así la producción, seguida luego por los países de México, China, Brasil, Colombia, Estados Unidos, etc. La elaboración total de biodiesel es aun todavía reducida comparando con la elaboración de etanol, pero esto puede ir cambiando con el transcurso del tiempo donde las empresas dedicadas a la elaboración de combustibles empiecen a buscar nuevas alternativas en producción de biocombustibles que reduzcan las emisiones de dióxido de carbono.

El biodiesel contiene diferentes beneficios donde uno de ellos es que no genera mucha contaminación al ambiente, por no poseer contaminantes fuertes como el azufre. También puede extender la vida útil del motor por contener una mejor lubricación que el combustible diésel tradicional. Pero sin embargo aún hace falta la dedicación de este combustible ya sea por la falta de conocimiento o tecnología en países que están en proceso de mejora como en el Perú. Por tal razón el Perú debe de emprender a buscar nuevas alternativas de elaboración de biocombustibles que puedan disminuir las emisiones de CO₂, ya que en este país cada año aumenta de manera considerable ubicándose así en el puesto 130 del ranking de 185 países que más generan emisiones contaminantes.

Sin duda, uno de los primordiales problemas que afecta directamente a la ciudad de Chiclayo, es la generación de monóxido de carbono y dióxido de carbono que da lugar a un factor de contaminación e impactos negativos a la población y ambiente que han ido aumentando enormemente en el el último año. El aumento de la cantidad de vehículos y motores ha ido aumentando en la venta, siendo el transporte el responsable del 70 % de contaminación existente en las ciudades del Perú (MINAM, 2012). Es por eso que se urge buscar un combustible que sea eficiente, sostenible y amigablemente con el medio ambiente.

La elaboración de biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* como combustible alternativo en Chiclayo ayuda a mejorar las condiciones de vida, ya que esto permitirá disminuir el nivel de los contaminantes hasta un 80 %. El ser humano genera un promedio de 4.7 toneladas de CO₂ al año, esto se debe a las movilizaciones que las personas realizan, ya sea utilizando los diferentes medios

de transporte que dan origen a los gases de efecto invernadero. Por tal razón se hace necesario abordar esta temática e investigación en la ciudad de Chiclayo, el cual se espera fortalecer la calidad de vida del planeta y dar solución a este problema.

1.2. Trabajos Previos

ARMENDÁRIZ en México (2012), en su tesis titulada “Caracterización fenotípica y molecular de genotipos de higuera (*Ricinus communis* L.) Para la producción de biodiesel”, para adquirir el nivel de maestría en las ciencias agrícolas, cuyo objetivo es caracterizar fenotípica y molecularmente colectas de higuera (*Ricinus communis* L.) originarias de los estados de Nuevo León, San Luis Potosí, Chihuahua y Estado de México, concluyendo que las características moleculares da como deducción la agrupación de dos conjuntos totalmente distintivo, donde los genotipos usados para la producción de biodiesel mostraron una diferencia significativa e incluso algunas se pueden identificar a simple vista.

CARLSTEIN en la India (2005), redactó un artículo denominado “El biodiesel como combustible alternativo” donde su propósito es informar cuáles son las ventajas del biodiesel con el medio ambiente. Mediante toda esta redacción se puede apreciar que no es difícil la producción de biodiesel, y que no consta de grandes inversiones. Se llegó a concluir que el biodiesel no necesita grandes cantidades de dinero. Es totalmente factible obtener biodiesel con solo fusionar los insumos en una licuadora que puede ser de uso casero. También que la transesterificación es el método más adecuado para lograr mezclar el aceite vegetal con un alcohol liviano y un catalizador y en un breve periodo de reposo se realiza una separación por decantación el glicerol y biodiesel.

Este artículo ayuda a determinar que procedimientos se deben realizar para producir un buen biodiesel, mediante el proceso de transesterificación, donde consiste en mezclar el aceite de las semillas de higuera con un alcohol liviano que puede ser metanol o etanol, y un catalizador como el ácido sulfúrico. Este método es el más eficaz y fácil de desarrollar, es por eso que en este artículo me sirvió de

mucho para elegir el proceso de producción de biodiesel para mi trabajo de investigación.

PALOMINO et al, en Colombia (2010), redactan un artículo titulado “Biodiesel a partir de aceite de higuera utilizando lipasa inmovilizada” donde redacta que se analizó utilizando el método de transesterificación del aceite de higuera con la utilización del solvente (metanol) usando lipasa inmovilizada *Mucor miehei* como una fuente catalizadora de la reacción. Esto se dio con el objetivo de evaluar el procedimiento y los comportamientos de la reacción química.

Se diseñó un proceso de experimentos utilizando la estadística, donde muchos de ellos los análisis que se realizaron van modificando las soluciones del aditivo y catalizador, pero siempre teniendo razón que las propiedades como la viscosidad e índice de acidez tiene un alto efecto en las cualidades del biocombustible que se elabora a partir del aceite de higuera.

En este artículo se pudo evidenciar que las principales situaciones de operación acontecen conservando la concentración en peso de enzimas aproximadas al 13% y la viscosidad mantiene valores aproximados a 59 mm²/s. La modificación que dio en las primeras cuatro horas fue de más de 30% en peso de ésteres metílicos en los productos, luego esto va disminuyendo gradualmente donde se tiene índices de ésteres metílicos superando el 45 % acercándose a siete horas.

SÁNCHEZ y HUERTAS en Pereira (2012), en su tesis titulada “Obtención y caracterización de biodiesel a partir de aceite de semillas de *Ricinus communis*. (Higuera) modificadas genéticamente y cultivadas en el eje cafetero”, para obtener el título de químico industrial, cuyo objetivo es obtener y caracterizar biodiesel a partir del aceite de semillas de higuera, *Ricinus communis* modificadas genéticamente, mediante transesterificación alcalina del aceite con un alcohol simple (metanol) e hidróxido de sodio, Concluyendo que las semillas de esta planta de *Ricinus communis* transformadas genéticamente mostraron un elevado porcentaje de contenido de aceite (51,59 %), y el punto de inflamación de 141.67

°c; poder calorífico es de -41345.74 kJ/kg y el índice de yodo de 72.3837 g I₂/100 g aceite.

Esta tesis radica en la importancia de seguir el proceso de transesterificación para poder producir biodiesel y que las mayorías de características físico químicas son similares a combustible tradicional. Es por eso que debemos de buscar mejoras a este procedimiento para empezar a elaborar y así poder utilizar este biocombustible como una fuente de energía. El cultivo de esta planta no depende si lo asocias con otras especies, es decir no tiene problemas de producción sí las siembras conjuntamente con otra planta vegetal.

PEREZ y DUMAR en Bucaramanga (2011) ,en su tesis titulada “Análisis del ciclo de vida para la producción de biodiesel a partir de aceite de higuera y etanol”, tesis de grado para optar al título de ingeniero químico, cuyo objetivo es obtener el perfil ambiental potencial de la cadena de producción de biodiesel de aceite de higuera e identificar las etapas del proceso productivo donde se generan las emisiones contaminantes de mayor relevancia, donde se utilizó ácido sulfúrico y etanol para poder realizar la transesterificación del aceite extraído para luego convertirlo en biodiesel. Además, al final de las investigaciones y experimentos se llegó a la conclusión que el perfil ambiental realizado muestra que la etapa de colocación y las uso mezclas de B10 es la que tiene un mayor predominio en todas las condiciones de los impactos estudiados, también con la utilización de este combustible se puede reducir impactos como el cambio climático lo que evidencia una buena alternativa para su utilización.

Esta información recolectada me llevo a la realización del presente trabajo experimental, donde claramente se puede entender que para la producción de biodiesel se utiliza el método transesterificación y con la utilización de este biocombustible se reducen los altos niveles de contaminación como el dióxido de carbono. Es por tal razón que debemos de utilizar este biodiesel para poder conservar los recursos naturales que día a día se están agotando por las diferentes actividades que el ser humano ejecuta.

MEDINA et al (2012), en su artículo titulado “Biodiesel, un combustible alternativo”, cuyo objetivo fue lograr que el biodiesel se convierta en una alternativa energética real. La principal realidad que se tiene que realizar es que el biodiesel elaborado de aceites vegetales presente características similares al del petrodiesel tradicional y que todo esto sea amigable con el medio ambiente y que tenga un costo igual o menor que el petróleo. Donde se emplea una metodología de transesterificación que consiste que el alcohol y un catalizador son los principales componentes para la producción de biodiesel. A todo esto, se llegó a la conclusión que los aceites elaborados de plantas vegetales son una buena opción para reducir favorablemente los gastos de elaboración, pero también se debe utilizar un catalizador y un alcohol para poder tener una reacción completa.

CABRALES et al (2014), realizó una redacción en el fondo editorial de la universidad de Córdoba con el título “Rendimientos en semilla y calidad de los aceites del cultivo de higuera (*Ricinus communis* L.) En el valle del sinú, departamento de Córdoba”, cuya redacción se basa en estudios estadísticos descriptivo general donde los métodos realizados muestra que los rendimientos de la semilla y aceite en kg/ha son afectados regularmente cuando a la siembra se le agrega fertilizantes de acuerdo con los tratamientos y las interacciones materiales por tratamiento no se presentó diferencias estadísticamente significativas en los resultados. También se puede llegar resaltar que el biocombustible no depende mucho de las variedades y calidades de la semilla, sino del tipo de procedimiento que se ejecuta para extraer el aceite de higuera. Asimismo, hay similitudes de resultados obtenidos con otras investigaciones donde se especifica una buena eficiencia de las características que contiene este combustible.

RIVERA y HERNANDEZ en Costa Rica (2016) publica un artículo titulado “Evaluación del rendimiento y calidad del aceite de siete variedades de *Ricinus Communis*” donde el objetivo principal de esta investigación consistió en evaluar el rendimiento y calidad del aceite en siete variedades de *Ricinus communis*, llegando a concluir en este artículo que no presentaron diferencias mínimas significativas entre las siete variedades evaluadas y con proporción al grosor del tallo de la planta no se hallaron ninguna relación estadística de las siete tratamientos realizados. En

cuanto a resultados hallados podemos decir que los valores para los siete tratamientos tuvieron una mínima diferencia de 3 y 4 cm, con un promedio general de 3,9 cm.

Este artículo sirvió para poder tener un conocimiento exacto a cerca de las variedades de *Ricinus communis*, donde se menciona que no hay diferencias significativas entre variedades, lo que permite poder recolectar las semillas sin la necesidad de tener conocimiento de la variedad y así facilitar la recolección y cantidad del producto.

RENDON y TRIVIÑO en Ecuador (2009), en su tesis titulada “Producción y exportación de la higuera (*Ricinus communis*) a Colombia como materia prima para la elaboración de biocombustibles”, para obtener el título de ingeniero en gestión empresarial internacional, cuyo objetivo fue señalar la perspectiva de cultivo de materia no habitual y útil para la producción de productos sustitutos de combustibles fósiles tradicionales en zonas no cultivadas de Ecuador, concluyendo que la economía de la producción y exportación de la higuera a Colombia como materia prima para la elaboración de biocombustibles resulta muy llamativa porque se pudo obtener en el primer año una buena ganancia de utilidad positiva de US\$12,996.00 con un tiempo de 1 año y 274 días, como resultado de una inversión realizada, también convierte este proyecto en importante fuente de inversión en la elaboración de biodiesel, conociéndose además sus ventajas ambientales y designándose a la misma vez este proyecto con una buena iniciativa ecológica en la calidad del cuidado del medio ambiente por tener un alto nivel de sostenibilidad ambiental.

ARANCIBIA y CALERO en Ecuador (2011), realizaron una tesis titulada “Obtención de biodiesel a partir del aceite de semillas oleaginosas de la provincia de Chimborazo”, para obtener el grado en biotecnología ambiental, cuyo objetivo es obtener biodiesel a partir del aceite de semillas oleaginosas de la provincia de Chimborazo. Ese trabajo se realizó con el propósito de mejorar la elevada contaminación ambiental donde la primordial causa de generación son las actividades del hombre, generalmente a partir de la demanda de la industria donde

se ejecutan cada día más actividades que van generando un agotamiento de recursos naturales que la naturaleza nos brinda, es por tal razón que se vio la necesidad de incorporar esta alternativa, llegando a concluir que el mejor rendimiento conseguido en la extracción del aceite es por compresión y por arrastre con hexano donde las semillas que mejores suministraron son de biodiesel de higuierilla que fueron elaborados de los aceites extraídos a través del método de transesterificación básica en los mejores rendimientos que se obtuvieron al emplear metóxido de sodio al 2%.

Esta investigación realizada ayuda a mi tesis planteada porque brinda información básica de cuáles son los métodos para la extracción de aceite; donde se puede percibir que la transesterificación es el más adecuado para llegar a obtener biodiesel. El mismo que tuvo como finalidad disminuir la contaminación ambiental que resulta de las actividades del ser humana. Ambas investigaciones se asemejan porque buscan un mismo objetivo, la producción de biodiesel a partir de una especie vegetal para poder disminuir los niveles de contaminación ambiental.

EL ESTADO DE MÉXICO (2009) realizó un estudio sobre “Biocombustible a través de *Ricinus communis*”, donde su objetivo principal era elaborar un biocombustible mediante la transesterificación del aceite extraído de la planta *Ricinus communis*, donde paso por diferentes procesos para la obtención de biodiesel de higuierilla como uno de ellos fue la transesterificación, siendo el más común, llegando a concluir que la suma de aceite recolectado de las semillas de *Ricinus communis* es factible generando un 92% de rendimiento. Para realizar el proceso de transesterificación del aceite obtenido, la cantidad de alcohol metílico que se uso fue en una relación de 1: 5 respectivamente y también resulta que la planta de higuierilla *Ricinus communis* puede llegar a convertirse en una gran alternativa y generando ingresos a los pobladores.

Este estudio realizado por el estado de México, ayudo a la formulación de los procesos de extracción de biodiesel de *Ricinus communis* a mi tesis propuesta. El método de transesterificación es el más adecuado y común, donde se utiliza un catalizador y solvente para poder tener como resultado un biodiesel agradable y

sostenible con el medio ambiente al ser utilizados por los diferentes motores. Es un proceso con inversiones bastantes reducidas en precios.

LOZADA y VÁSQUEZ en Colombia (2009), publico en una revista una investigación denominado “Transesterificación Álcali-Catalizada Del Aceite De Higuierilla” donde se estudia el proceso de transesterificación del aceite como una materia principal para la producción de biocombustibles. Es investigado el proceso transesterificación del aceite utilizando metanol y NaOH como catalizador, donde se utiliza una metodología de la superficie de respuesta con un diseño factorial. Con esto se llegó a la conclusión que las propiedades físico químicas que posee el aceite de higuierilla son aceptables para realizar de manera satisfactoria el proceso de transesterificación, también se comprobó los resultados arrojados en un estudio de análisis de varianza de los factores de los factores, lo cual indica que el rendimiento y la cinética de la transesterificación con NaOH son influenciados con la relación molar de aceite/alcohol.

CASTRO et al en Perú (2007), escribieron un libro designado “Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú”, donde su finalidad es informar que el biodiesel es un combustible renovable procedente de los aceites vegetales, cuyo prefijo bio hace referencia a su entorno renovable. Este biodiesel puede ser utilizado de manera pura o también mezclado con el diésel de petróleo, además se debe tener una clara idea de los diferentes beneficios que puede tener el uso del biodiesel donde se especificara las emisiones producidas al momento de utilizarse, desde el principio de producción, transporte, procesamiento y utilización. A todo esto, se llegó a la conclusión que diferentes estudios han demostrado que el biodiesel reduce de manera eficiente las emisiones de gases y partículas que contaminan al ambiente. Es por ello, que se debe dar una utilidad eficiente a este producto para poder una mejor la conservación a los recursos naturales y poder dar uso a un recurso que no genera contaminantes.

MUÑOZ en Jaén (2014),realizo su tesis titulada “Producción de biodiesel a partir de aceite de higuierilla (*Ricinus communis*) como combustible alternativo en la provincia de Jaén – Cajamarca”, cuyo objetivo es de obtener y producir biodiesel

mediante el proceso de transesterificación del aceite de semillas de *Ricinus communis* donde el proceso de transesterificación consistió en la utilización de un alcohol (metanol) como solvente y (ácido sulfúrico) como catalizador para poder producir el biodiesel del *Ricinus*. Se llegó a concluir que los resultados de aceite de higuera para la elaboración de biodiesel fueron eficaces a manera de combustible alternativo para mejorar las condiciones de vida y del medio ambiente en el planeta.

1.3. Teorías Relacionadas al Tema

1.3.1. Taxonomía del *Ricinus communis*

Según CABRALES et al (2014), clasifica la taxonomía en “Reino: Plantae, Subreino: Traqueobionta (Plantas vasculares), Superdivisión: Spermatophyta (Plantas con semilla), División: Magnoliophyta (Plantas con flores), Clase: Magnoliopsida (Dicotiledóneas), Subclase: Rosidae, Familia: Euphorbiaceae, Subfamilia: Acalyphoideae, Género: *Ricinus*, Especie: *Ricinus Communis*; Nombre común: higuera, ricino, higuera, higuera del diablo”.

Nombre Científico: SANCHEZ (2005) esta planta se conoce con el nombre de “*Ricinus communis*. *Ricinus* es una palabra latina que significa garrapata, y hace referencia a la representación de la semilla, por eso el nombre de la planta”. (p.16).

1.3.2. Generalidades de *Ricinus communis*

1.3.2.1. Descripción de *Ricinus communis*

La higuera es una planta no comestible y puede nacer en diferentes tipos de suelo por eso MAZZANI (2007) menciona que:

Crece de manera muy satisfactoria, lo cual le permite tener un rápido desarrollo en etapas donde se presente sequía en zonas áridas y semiáridas, se necesita una precipitación mínima de 600 mm de lluvia. Se trata además de una planta con inflorescencia tipo panícula terminal; las hojas son grandes,

de margen dentado y largamente peciolado, pero no muy numeroso variando su tamaño de los 6 a los 60 cm de largo.

Este cultivo de higuera puede crecer a partir del nivel del mar hasta los 2.500 m de altura, pero si va aumentando la altitud va reduciendo el contenido de aceite en la semilla. Su crecimiento en cuanto a pH es de (6-7), aunque no tolera mucho la alcalinidad. Puede crecer sin ningún problema porque es fuerte a cualquier enfermedad y plagas durante su proceso de vida.

SAMAYOA y MAZZANI (2007) explica que “el sistema radical de la higuera es denso y voluminoso, además puede llegar a más de un metro de profundidad, lo cual le proporciona una gran resistencia a la sequía y un buen anclaje al suelo”.

Debido a sus rasgos que presenta la higuera “facilita en la transformación de su aceite, por lo que consideran este cultivo con un alto potencial para la producción industrial de biodiesel, incorporado a que este no compite con las necesidades alimentarias y que para su producción pueden utilizarse tierras marginales” (NAVAS, 2008).

El *Ricinus communis* (higuera), es una planta de mucha antigüedad donde CORPOICA (2010) señala:

Que posiblemente es originaria de la India o de África que se encuentra en diversos países del mundo y que también lo podemos encontrar en nuestro país (Perú), es una planta de elevada plasticidad fenotípica, teniendo una gran variabilidad que se puede explotar para el incremento de la productividad y calidad del aceite; siendo este su principal producto, es el único en el ambiente que es soluble en alcohol y el más espeso y viscoso de todos, es por eso que facilita el proceso de la elaboración de biodiesel.

1.3.3. Morfología de la planta

1.3.3.1. Raíz

EMBRAPA (como se citó en CABRALES 2014) menciona que “presenta raíces ramificadas y superficiales por lo que consigue alcanzar profundidades hasta de 6 metros en plantas de ciclo perenne”.

1.3.3.2. Tallo

El tallo de esta planta es derecho, firme, redonda, ramificado y varía de muchos tamaños. Este tallo va a variar dependiendo de las subespecies que puede pude llegar a ser de color verde o morado.

1.3.3.3. Hojas

Es una planta que consta de muchas hojas en forma de mano, el color depende de la especie que puede llegar a ser de color verde, rojo o hasta morado claro.

1.3.3.4. Flores

Según las investigaciones abarcadas por MOSHKI (como se citó en CABRALES et al 2014) menciona que las flores son:

Normalmente monoicas, dispuestas en inflorescencias tipo racimo, en las cuales, la parte basal está ocupada por flores masculinas, y el ápice, por las femeninas; las flores están despojadas de corola. Las masculinas pueden representar del 30 % al 50 % del general de flores y algunas veces están ausentes o dispersas entre las femeninas.

Acorde a lo mencionado por BELTRÁO et al (2014) que “el primer racimo floral es de mayor tamaño y ha sido denominado como racimo principal debido a la distribución de las flores sobre su eje; la polinización es anemófila con un grado de alogamia del 40 %”.

1.3.3.5. Fruto

El fruto de esta planta es transcendental ya que tiene diferentes usos en la industria es por eso que BELTRAO et al (2001) menciona que:

El fruto es una cápsula tricarpelar, con una semilla por carpelo; de forma esférica o alargada y puede ser lisa o con estructuras seme- espinas, denominadas acúleos, se distribuyen en racimos que pueden ser esféricos o cilíndricos de longitud variable en función del cultivar y de las condiciones ambientales.

1.3.4. Subespecies de *Ricinus communis*

Hay una gran dimensión de formas de esta especie de higuera que se puede encontrar a nivel nacional, donde cada una de ellas tienen diferencias tanto en tamaño, hojas, color y tallos, por ello MENDOZA (1985) señala:

Ricinus communis var. *Sanguineus*: el tallo, las ramas y las hojas son de color rojo vinoso; es de gran porte y muy vigorosa. Posee semillas grandes y alto porcentaje de aceite; *Ricinus communis* var. *Inermis*: parecida a la anterior, pero de clima más tropical. Las cápsulas de higuera no poseen espinas. Es rica en aceite; *Ricinus communis* var. *Minor*: de baja altura (1,0 a 1,5 m), ramificada desde la base, precoz, con cápsulas dehiscentes y semillas pequeñas; *Ricinus communis* var. *Mayor*: tiene más altura que la anterior, de reducida precocidad y dehiscente. Posee semillas de mayor tamaño; *Ricinus communis* var. *Viridis*: contiene los tallos, hojas y frutos de color verde. Muy abundante en África Occidental, carece de cera y sus semillas son pequeñas; *Ricinus communis* var. *Zanzibarinus*: es de clima tropical, con gran frondosidad, muy vigorosa. Posee tallos y hojas rojas revestidas de cera. Sus semillas muy grandes, pero de poco porcentaje en aceite.

1.3.5. Importancia del Cultivo

La importancia del cultivo es sumamente necesario para el medio ambiente ya que de este producto se puede extraer un aceite natural que luego se convertirá en un biocombustible alternativo para el futuro de nuestro planeta donde esto permitirá disminuir los niveles de contaminación que son provenientes de diferentes actividades de los seres humanos.

Esta planta *Ricinus communis* viene siendo conocida como una fuente de biocombustible muy importante para el futuro de los países. Importante porque en sus semillas contiene un alto nivel de aceite que por sus características que posee son aptas para proporcionar un proceso y convertirlo en biodiesel.

CARDONA et al (2009) afirma que es “una materia prima estratégica, empleada en el sector industrial y energético para la elaboración de pinturas, plásticos, lubricantes, y biodiesel; no obstante, se desconocen cuál es la verdadera potencialidad de esta especie y la sustentabilidad de su cultivo en los diferentes ambientes del mundo” (p.14).

El *Ricinus communis* contiene muchas comunidades para la fabricación de combustibles es por eso que MUTLU et al (2010) señala:

Esta importancia que contiene el aceite de se encuentra en su presencia de contenido de ácido ricinoleico, que contiene tres puntos de funcionalidad química en su molécula, al saber un grupo carboxil (COOH), un punto de insaturación en el carbono nueve (9) y un grupo hidroxil en el carbono 12: A partir de los cuales se realizan diversos procesos químicos, por lo que es utilizado como materia prima en distintas aplicaciones por la industria química, como la fabricación de pinturas, tintas, lubricantes, poliuretanos, nylon, fluidos funcionales, materia base para biocombustibles y una amplia gama de otros productos. (p.15).

1.3.6. Descripción de la Semilla de *Ricinus communis*

BELTRAO et al (2001) afirma que “la semilla es oval, de 0,8 a 3 cm de longitud, de 0,5 a 1,5 cm de ancho y de 0,4 a 1,0 cm de espesor cubierto por un tegumento duro y quebradizo rico en aceite” (p.22).

VILLAR et al (2006) menciona que “la semilla contiene una fitotoxina proteica (la ricina) que actúa previniendo la síntesis proteica en los ribosomas. Está considerada como una de las toxinas vegetales más peligrosas, e incluso si digieres en dosis muy bajas puede causarte hasta la muerte” (p.24).

FREIRÉ (2001) menciona que la semilla está constituida “por 25 a 35 % epicarpio, 65 a 75 % endospermo; agua (5,5 %), aceite crudo (48,6 %), proteína (17,9 %), fibra bruta (12,5 %), cenizas (2,5 %), carbohidratos (13 %)” (p.23).

1.3.6.1. Estructura Química de la Semilla

REYES et al, (2009) menciona que el “aceite de ricino posee una composición química peculiar, debido al alto contenido (87-97%) de ácido ricinoleico (ácido cis-12-hidroxi octadeca-9-enoico)”.

Según la ASOCIACION COLOMBIA DE LA INDUSTRIA DE GRASAS & ACEITES COMESTIBLES (2010) “las características químicas del aceite de *Ricinus* está compuesta por ácido ricinoleico (70%), ácido ricino (12%) y ácido oleico (12%)” (p.18).

ZHIERICE y NETO (2001) afirma que “el aceite es una materia prima importante para la industria química, con innumerables aplicaciones, desde su uso en pinturas, cosméticos, polímeros y lubricantes hasta la obtención de biodiesel” (p.23).

BELTRÁO (2003), menciona que “el aceite obtenido de las semillas de higuera contiene un 30 % más lubricidad que otros aceites, por lo que puede

reducir la emisión de diversos gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y de azufre; al parecer, es un aceite especial y con un mercado garantizado en el mundo moderno” (p.61).

KEMP (2006) indica que “el uso de aceites vegetales como combustibles de motor puede parecer insignificante hoy, pero con el transcurso del tiempo tales aceites pueden convertirse, tan importantes como el uso del petróleo para la alimentación de diferentes motores”.

En esta situación el aceite se descomprime de semillas recolectadas de higuierilla es por eso que OGUNNIYI (2006) señala:

El aceite de ricino es un líquido viscoso, amarillo pálido, no volátil, con un sabor blando, utilizado como purgante, con un olor característico que difiere del aceite crudo que posee un olor acre y causa náuseas después de saborear. En relación con otros aceites vegetales, tiene una buena durabilidad. (p.57).

OGUNNIYI et al (2006) el componente que contiene el aceite de higuierilla es “un triglicérido, químicamente una molécula de glicerol con cada uno de los tres grupos hidroxilos esterificados con un ácido graso de cadena larga y su componente es el ácido ricinoleico”.

Según CHIERICE et al (2001) afirma que “el aceite de ricino puede ser utilizado como fuente de energía renovable para sustituir al petróleo y diésel; con base en la investigación para desarrollar nuevas tecnologías, también considerado como materia prima del futuro”.

Con respecto a investigadores como SANCHEZ y HUERTAS (2012) menciona que “el rendimiento del aceite de *Ricinus communis* se encuentra en un promedio de 1188 kg/ha, por encima del girasol con 890 kg/ha; pero por debajo de la *Jatropha* y la palma con 1590 kg/ha y 5500 kg/ha, respectivamente”.

Investigaciones de BENJUMEA et al (2009) “el aceite de higuera es alto en ácido ricinoleico, la presencia del grupo funcional hidroxilo, en adición al grupo carboxilo y el enlace doble, hace que el ácido ricinoleico tenga potencial para la industria oleoquímica”.

MAZZANI (2007) menciona que “entre las principales características del aceite de higuera es la gran viscosidad que presenta, la cual le confiere características deseables en la industria de la aeronáutica y de maquinaria pesada”.

Según investigaciones hechas por VALDERRAMA señala las principales características fisicoquímicas en tener en cuenta en el aceite a partir de las semillas de *Ricinus communis* es “temperatura, color, potencial de hidrogeno, densidad (0.955 a 0.968 gr/ml), viscosidad (9.5 a 11 poises) e índice de refracción 1.473 a 1.47” (como se citó en ARMENDARIZ 2012).

1.3.7. Biodiesel de *Ricinus communis*

1.3.7.1. Biodiesel de las Semillas de *Ricinus communis*

Según investigaciones hechas por PALERMO (2008), sobre definición del biodiesel menciona que:

El biodiesel es por definición un biocarburante o biocombustible líquido producido a partir de los aceites vegetales y grasas animales. Las propiedades del biodiesel son muy similares a las del GAS OIL de origen fósil, en cuanto a densidad, número de cetanos, eficiencia y rendimiento de los motores gasoleros (diesel), destacándose que el biodiesel presenta un punto de inflamación superior. Además, afirma que el biodiesel puede mezclarse con el gas oil en cualquier proporción que se desee: B5 – B10 – B30 – B50, etc. e inclusive sustituirlo totalmente: B-100. (p.2).

BARABAS y TODORUT (2011) afirma que “la calidad del biodiesel depende de muchos componentes que pueden influir en sus características físicas y

químicas para determinar la calidad de la materia prima y factores ambientales para ser usados en el transcurso de la producción y almacenamiento del mismo”.

BENAVIDES et al (2007) explica “las principales variables que influyen en el rendimiento, conversión y cinética de la reacción de transesterificación son la calidad de la materia prima, el tipo y cantidad de catalizador, el tipo de alcohol, la relación molar alcohol/aceite y las condiciones de reacción como temperatura, presión y agitación” (p.43).

En estudios realizados sobre el biodiesel por SÁNCHEZ y HUERTAS (2012) señala que:

El Biodiesel es un biocombustible que es elaborado a partir de materias de base renovables para motores diésel, el cual puede ser producido de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales). La higuera posee las mismas propiedades del combustible diésel empleado como combustible para automóviles, camiones, buses y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diésel obtenido de la refinación del petróleo. Por ejemplo, B20 significa una mezcla con 20% de biodiesel y 80% de diésel de petróleo y es la mezcla más utilizada en nuestros días. (p.11).

El combustible se elabora a partir de cualquier aceite vegetal donde CARLSTEIN (2005) menciona:

El biodiesel puede usarse puro, o mezclado en cualquier proporción con gasoil, y no requiere modificación alguna de los motores. La lubricidad del biodiesel es notable, al punto de duplicar la vida útil de los motores. Es por ello que se le adiciona biodiesel al gasoil con bajo tenor de azufre, devolviéndole la lubricidad perdida por el bajo contenido de azufre. (p.1)

Para la obtención de biodiesel tiene que pasar por un proceso de “transesterificación donde mezclamos el aceite vegetal, con un alcohol liviano que es el solvente en presencia de un catalizador que, en un transcurso de un periodo

de reposo, se separan por decantación el glicerol y biodiesel". (CARLSTEIN, 2005, p.1).

1.3.7.2. Biocombustibles Adquiridos Mediante el Biodiesel

El biodiesel demanda varias oportunidades de mezclas para poder producir biocombustibles con las propiedades y nombres que DEVORE et al, (2009) menciona:

B20: El biocombustible B20 significa una mezcla del 20% de Biodiesel y el 80% de diésel normal. El B20 es la mezcla de biocombustible de Biodiesel más utilizada en EEUU y en otros países se comercializa con amplia aceptación tanto el B20 como el B100. B100: El biocombustible B100 significa biodiesel al 100% sin mezcla alguna con diésel normal. Es un producto 100% ecológico con altas reducciones de emisiones nocivas a la atmósfera. Su única pega es que los motores de vehículos antiguos (al parecer anterior a 1994) es preciso reemplazar los conductos de goma del circuito del combustible por otros de materiales, debido a que el biodiesel ataca a la goma, aunque hay varios estudios que indican que no es necesaria ninguna modificación en los motores. (p.9 y 10).

1.3.7.3. Combustión de Biodiesel

Estudios de SANCHEZ y HUERTAS (2012), sobre la combustión de biodiesel afirma:

Que el Biodiesel es un combustible producido a partir de materias de base renovables para motores diésel, el cual puede ser producido de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales). Posee las mismas propiedades del combustible diésel empleado como combustible para automóviles, camiones, buses y puede ser mezclado en cualquier proporción con el diésel obtenido de la refinación del petróleo (p.12).

Durante las combustiones del biodiesel obtenido de la higuera la generación de emisiones, principalmente del dióxido de carbono se reduce hasta un 100%, dejando así un aire libre de contaminantes. También hay reducciones de otros contaminantes que puede emitir una combustión de un combustible fósil.

CONCEICAO et al (2012) menciona “el biodiesel se considera una gran alternativa viable para reemplazar a los combustibles fósiles, debido a que tiene baja toxicidad derivada de la ausencia de compuestos de azufre y aromáticos”.

BARNES et al (2009) alude que “la semilla de higuera se considera como una materia prima apropiada para la elaboración de biocombustible por su alto contenido de aceite y las características del mismo, entre las que se destaca su alta solubilidad en alcohol a temperatura ambiente” (p.34).

CARLSTEIN (2005) afirma que “las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂) y de dióxido sulfuroso (SO₂) se reducen un 100 %, el biodiesel es 100% biodegradable, y su toxicidad es inferior a la de la sal de mesa.” (p.1).

1.3.7.4. Importancia del Biodiesel como Combustible Alternativo

SÁNCHEZ y HUERTAS (2013) mencionan sus principales importancias como combustible alternativo son:

Único combustible alternativo en cumplir con los requisitos de la protección ambiental, recurso renovable, biodegradable y no tóxico, funciona en cualquier motor diésel convencional, no requiere ninguna modificación, el ciclo biológico en la producción y uso de biodiesel reduce aproximadamente en 80% las emisiones de anhídrido carbónico, y casi 100% las de dióxido de azufre. La combustión de biodiesel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados, y entre 75-90% en los hidrocarburos aromáticos. Además, proporciona significativas reducciones en la emanación de partículas y de monóxido de carbono, no hay aumento de emisiones de dióxido de carbono, ya que las reducidas emisiones en comparación con el

petrodiesel, se compensan con la absorción de CO₂ por parte de los cultivos oleaginosos, es biodegradable en solución acuosa, el 95% desaparece en 28 días y consigue contribuir a minimizar la dependencia de combustible tradicional.

1.3.7.5. Beneficios del Biodiesel

1.3.7.5.1. Beneficios Ambientales del Biodiesel

Los beneficios que se pueden tener con la producción de biodiesel muchos y que dan respuestas a diferentes problemas o impactos ambientales negativos, es por ello CARLSTEIN (2005) menciona:

Las emisiones netas de dióxido de carbono (CO₂) y de dióxido sulfuroso (SO₂) se reducen un 100 %. La emisión de hollín se reduce un 40-60%, y las de hidrocarburos (HC) un 10-50 %. Las emisiones de monóxido de carbono (CO) se reduce hasta un 15-50%. También se reduce igualmente la emisión de hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs), y en particular de los siguientes derivados, de comprobada acción cancerígena: Fenantrén - 97%; Benzofluorantren - 56%; Benzopirenos - 71%. Finalmente, la emisión de compuestos aromáticos y aldehídos se reduce un 13%, y las de óxidos nitrosos (NO_x) se reducen, o aumentan, 2-5% de acuerdo al desgaste del motor, y a la calibración de la bomba inyectora.

1.3.7.5.2. Beneficios Económicos

En el Protocolo de Kyoto se menciona que se financia proyectos de inversión concediendo créditos de carbono a los que logren disminuir las emisiones de contaminantes, lo que da independencia a la indisponibilidad y diferenciación de precios en el mercado, es un producto bajo en contaminación comparándolo con el gasoil mineral y además es un combustible seguro en su manejo y almacenamiento reduciendo costos (ZHIERICE y NETO, 2001).

1.3.7.5.3. Beneficios Mecánicos

Dentro de los beneficios mecánicos tenemos a CHIERICE et al (2001) donde explica que se “incrementa la eficiencia y duplica la durabilidad del motor, mejorando su ignición y lubricidad, alto Flash point aprox. 130 °C – (Diésel fósil aprox. 70 °C) y posee un importante poder lubricante, lo que puede considerar un aditivo para mejorar la lubricidad”.

1.3.8. Transesterificación con Catalizador y Solvente

1.3.8.1. Transesterificación

GANDUGLIA (2009) explica que “es una reacción química entre un triglicérido (aceite o grasa animal) y un alcohol ligero (metanol o etanol) en presencia de un catalizador básico obteniendo como producto glicerina y biodiesel”.

1.3.8.2. Catalizador

Es importante tener presentes a los catalizadores donde SHARMA et al (2008) menciona:

Que gracias a ellos se realiza la reacción para producir biodiesel que pueden ser ácidos (homogéneos o heterogéneos), básicos (homogéneos o heterogéneos) o enzimáticos, siendo los catalizadores básicos los que se utilizan a nivel industrial en la transesterificación, ya que actúan mucho más rápido y, además, permiten operar en condiciones moderadas.

1.3.8.3 Solvente

El alcohol como solvente “es el principal complemento para la producción de biodiesel donde los alcoholes que se utilizan son metanol y etanol donde los ésteres de metilo presentan mejores propiedades (menor viscosidad, punto de nube a

temperaturas más bajas) de acuerdo a las necesidades de los motores” (DEMIRBAS, 2008).

1.3.9. Usos del Biodiesel de *Ricinus communis*

El biodiesel que se puede extraer de las semillas de higuera, se puede definir como un combustible alternativo. El líquido aceitoso que se descomprime del (*Ricinus comunis*) se puede colocar para cualquier motor diésel, sin tener la necesidad de realizar ningún cambio.

Según investigaciones de PALERMO (2008) sobre combustión de biodiesel explica que:

La utilización del biodiesel como combustible, podemos señalar que las características de los ésteres son más parecidas a las del diésel que las del aceite vegetal sin modificar y además el índice de cetanos de los ésteres, es superior, siendo los valores adecuados para su uso como combustible. También el empleo de biodiesel aumenta la vida de los motores debido a que posee un poder lubricante mayor, mientras que el consumo de combustible, la potencia y el torque del motor, permanecen en valores similares (p.3 y 4).

1.4. Formulación del Problema

¿Cuál es la eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuera) como combustible alternativo, Chiclayo?

1.5. Justificación del Estudio

A menudo se percibe que la contaminación ambiental es la principal obra que el ser humano realiza a partir de la revolución industrial, logrando así una deficiente conservación de los recursos naturales por lo que se ve en la necesidad de realizar el presente trabajo de investigación que tiene gran importancia porque impulsa encontrar una solución al problema de la deficiente utilización de combustibles biodegradables para el ambiente en cuanto a la calidad de servicio que pueden

brindar a los diversos motores de vehículos e industrias, se hace interesante abordar una temática relacionado con el área de conservación y protección de los recursos naturales, y línea de acción en cuanto a calidad y gestión de los recursos naturales, lo que ayudará a fortalecer habilidades propias de la carrera profesional elegida.

Asimismo, porque es preocupante encontrar una problemática relacionado a la contaminación ambiental que ha sido detectada en todos los países del mundo y que compromete de modo personal en la solución del problema. Este investigación se realiza para proponer una alternativa de producción de biodiesel a partir de aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo en Chiclayo, en donde se evalúa la eficiencia de los resultados para comprobar sus características que el biodiesel posee ya que es considerado como una fuente que no genera altos índices de contaminación ambiental, por ser considerado como el único biocombustible alternativo que puede funcionar en diferentes motores, sin tener la necesidad de modificar ninguna pieza de un motor.

También se ha tomado la importancia de realizar esta investigación de investigación, ya que daremos la solución a un problema ambiental donde el perjudicado es el planeta por el alto nivel de generación de emisiones de efecto invernadero que se emite día a día. Para solucionar este problema se ha tomado en conveniente la elaboración de una nueva fuente de biocombustible alternativo que permita reducir los impactos negativos al medio ambiente y así poder contribuir con la calidad ambiental en las diferentes ciudades donde se estén enfrentando a una enérgica contaminación por la utilización de combustibles tradicionales como el petróleo o gasolina.

1.6. Hipótesis

Hi: La eficiencia del biodiesel como combustible alternativo producido a partir del aceite de semillas de *Ricinus communis* es alta.

Ho: La eficiencia del biodiesel como combustible alternativo producido a partir del aceite de semillas de *Ricinus communis* no es alta.

1.7. Objetivos

Objetivo General

Determinar la eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo.

Objetivos Específicos

Elaborar biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo.

Analizar las propiedades fisicoquímico del aceite obtenido de *Ricinus communis*.

Evaluar las propiedades fisicoquímico del biodiesel obtenido de *Ricinus communis*.

Comparar la eficiencia del biodiesel de *Ricinus communis* y diésel de petróleo.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

El tipo de investigación es aplicada porque su finalidad es resolver problemas que se presentan en el ambiente.

Diseño cuasi-experimental: según ARIAS (2012), define el diseño cuasi-experimental como:

Un diseño que casi es un experimento, excepto por la falta de control en la conformación inicial de los grupos, ya que al no ser asignados al azar los

sujetos, se carece de seguridad en cuanto a la homogeneidad o equivalencia de los conjuntos. Se manipula la variable independiente y se mide la variable dependiente. Lo que se consolida en la siguiente fórmula:

$$O_1 \text{ — } X \text{ — } O_2$$

Donde:

O₁: Semilla

X: Tratamiento para obtener biodiesel

O₂: Biodiesel

2.2. Variables, Operacionalización

V.D: Eficiencia del Biodiesel

V.I: Aceite de Semillas de *Ricinus communis*

Tabla 1: Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala
VD: Eficiencia del biodiesel	DE LIMA et al (2006) menciona que “para tener una buena eficiencia de biodiesel se basa en la transesterificación de aceites vegetales preferentemente con alcoholes de bajo peso molecular” (p.34).	Para una buena eficiencia se utiliza el método de transesterificación, que consiste en la elaboración de biodiesel del aceite de <i>Ricinus communis</i> , donde se utiliza como insumos un alcohol (solvente) e hidróxido de sodio (catalizador).	Parámetros fisicoquímicos	Medición de pH:7- 8 Índice de refracción:1.45-1.50 Color Densidad: 0.86 – 0.90 g/cm ³ Viscosidad: <100 cP	Intervalo
			Cantidad de biodiesel	Rendimiento de biodiesel:80-90%	Intervalo

Tabla 2: Operacionalización de la variable independiente

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala
VI: Aceite de semillas de <i>Ricinus communis</i>	CABRALES et al (2014) menciona “el aceite de higuera es uno de los productos de mayor importancia a nivel mundial, debido a las muchas aplicaciones que incluyen usos en medicina, cosméticos, desinfectantes, lubricantes, combustible y esmaltes”.(p.11)	Se elabora un combustible alternativo mediante la recolección de 18 kilos de semillas de higuera, las cuales pasaran por diferentes procesos para poder extraer el aceite y luego obtener biodiesel.	Calidad de la semilla	Tamaño Limpieza	Intervalo
			Extracción de aceite	Rendimiento del aceite	Intervalo
			Calidad del aceite	Medición de pH Índice de refracción Color Olor Densidad Viscosidad	Intervalo

2.3. Población y Muestra

Población

La población está conformada por el aceite extraído de los 18 kilos de semilla de *Ricinus communis* recolectada del distrito de la Coipa provincia de San Ignacio.

Muestra

La muestra está compuesta por un total de 5 litros de aceite extraído de las semillas de *Ricinus communis*.

Muestreo

Aleatorio simple

2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad

2.4.1. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La Observación

La observación: según ARIAS (2006) afirma que “la observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos” (p.70).

El fichaje

Es una técnica que permite registrar los datos que se van obteniendo en los diferentes procedimientos.

Para la elaboración del biocombustible se trabajó las diferentes fases, en el que permitió obtener resultados a través de los procedimientos realizados. A continuación, se detalla cada fase:

Fase I: Extracción de Aceite de las Semillas de *Ricinus Communis*

Antes de proceder con la extracción de aceite de la higuera, debemos de elegir de mejor procedimiento que se preste a nuestras necesidades para poder adecuarla a los diferentes procesos de extracción de aceite.

Recolección de semillas: se recolectaron 18 kilos de semilla de *Ricinus communis* de 4 puntos del distrito de la Coipa, provincia san Ignacio, siendo sus coordenadas UTM WGS: 84 ZONA 17 las siguientes:

724864 E 9402329 N altitud 1620 msnm

729360 E 9404923 N altitud 1734 msnm

719250 E 9407674 N altitud 1459 msnm

719202 E 9407655 N altitud 1419 msnm

Limpieza: CABRALES (2014) menciona que “es necesario realizar una limpieza de semillas ya que al momento de llegar al laboratorio estas pueden contener sustancias extrañas que pueden generar daños en los procesos; estos elementos extraños deben separarse antes que la semilla pase a ser procesada”.

Secado: es necesario realizar un secado de las semillas de *Ricinus communis* para poder tener una mejor contracción de aceite, es por eso se sometió al sol dos días.

Descascarado: CABRALES et al (2014) explica “para poder realizar el biodiesel es necesario realizar el descascarillado que tiene como finalidad romper la cascarilla externa de la semilla, recuperando la fibra y la almendra ya que esta cascara dificulta el proceso de extracción”. Este proceso se realizó de forma

manual y con la ayuda del sol ya que algunas semillas al ser calentadas se abren por si solas y facilita el trabajo.

Molienda: es la pulverización de la semilla de higuera, convirtiéndolo en una masa; el instrumento utilizado para este proceso se dio mediante la utilización de un molino manual.

Cocción: VALDERRAMA et al (1994) dice que “es necesario el calentamiento de la masa triturada de las semillas de higuera; este calentamiento debe de ser de manera indirecta alcanzando una temperatura mayor de 52°C con el fin de obtener un mejor rendimiento en la extracción del aceite”.

CISNEROS et al (2006) “el calentamiento origina la desnaturalización de proteínas con consiguiente la rotura de la emulsión, y la separación del aceite de la masa de la semilla rompiéndose las paredes celulares como resultado de la hidratación de las células, esto hace que la extracción sea más fácil”.

Limpieza de aceite: es el procedimiento que permite mantener el aceite limpio de cualquier residuo que pueda tener, utilizando los métodos de centrifugación o filtración quedando así un aceite refinado para convertirlo en biodiesel. Además, es necesario purificar el aceite con carbón activado para poder eliminar algunas sustancias tóxicas.

Análisis fisicoquímico: después de haber culminado todos los procedimientos de extracción de aceite, se realiza los análisis de las diferentes propiedades fisicoquímicas como pH, índice de refracción, viscosidad con su respectiva temperatura, densidad, color y olor.

Fase II: Elaboración de Biodiesel del Aceite de *Ricinus Communis*

Actividad 1: Proceso de Transesterificación

Según MARTINEZ et al (2013) indica que “la transesterificación con etanol e hidróxido de sodio es el método más común para la elaboración de biodiesel”.

Primeramente, debemos elegir las cantidades de tratamientos con sus diferentes mezclas de reactivos (solvente/catalizador), con las respectivas repeticiones y tiempo de agitación, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3: Transesterificación del biodiesel

Tes tigo	Prue ba	Cantid ad de aceite (ml)	Cantidad de alcohol (ml)	Cantidad de NaOH (g)	Agitació n (rpm)	Repetic iones	Tiempo(min)
Acei te	T 1	500	130	2.5	300	3	20
	T 2	500	135	2.5	300	3	25
	T 3	500	140	3	300	3	30

Fuente: Tratamientos de biodiesel.

Para la elaboración del biodiesel se aplicó la metodología de MARTINEZ et al (2013) donde señala los siguientes procedimientos en tener en cuenta para un biodiesel eficiente:

Primero se calienta 500 ml de aceite de cada tratamiento a 70 °c, durante un periodo de 30 minutos y luego de esto se le añade la solución de alcohol (130,135 y 140 ml) e hidróxido de sodio (2.5,2.5 y 3 g) siempre con agitación constante de 300 rpm para que la reacción sea completa y homogénea durante un corto tiempo; en este caso se realizó con tiempos de 20,25 y 30 minutos con sus respectivas repeticiones (3), luego se dejó reposar la mezcla en un embudo de separación (decantación) hasta el siguiente día donde se separan las dos fases formadas, la una corresponde al biodiesel y la otra a la glicerina formada y restos de residuo. Luego se realiza el lavado del biodiesel, añadiendo un aproximado de 30 ml de agua para los 3 tratamientos, después se deja reposar en los embudos de separación

(decantación), la fase más densa corresponde al agua de lavado, el jabón y otras impurezas y la otra fase corresponde al biodiesel. Por último el biodiesel obtenido se coloca a un proceso de secado a una temperatura de 100 °c durante 30 minutos para los diferentes tratamientos realizados de biodiesel. Con todos estos procesos realizados el biodiesel ya está listo para ser usado.

Fase III: Determinar la Eficiencia del Biodiesel de *Ricinus Communis*

Actividad 1: Calcular el Rendimiento del Biodiesel

Se evalúa el porcentaje de rendimiento de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones para poder destacar cuál de ellas es más eficiente. Dichos rendimientos permitirán brindar información para otros investigadores que quieran seguir abordando esta temática en la elaboración de biocombustibles limpios.

Actividad 2: Evaluación de las Propiedades Fisicoquímico del Biodiesel

Se evalúa las propiedades fisicoquímicas como color, densidad, además el pH, viscosidad e índice de refracción donde se analiza a cada una de ellas con su respectiva temperatura.

Actividad 3: Comparar la eficiencia del biodiesel de *Ricinus communis* y diésel de petróleo

Se detalla las argumentaciones positivas y negativas del biodiesel *Ricinus communis* y diésel de petróleo, donde se especificará sus beneficios de cada uno de ellos.

Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos utilizados para la recolección de datos en los diferentes procedimientos ejecutados son los siguientes:

Tabla 4: Instrumentos

Campo	Laboratorio
Machetes	Probeta graduada
Tijeras de cortar	Soporte de madera
Cámara fotográfica	Viscosímetro
GPS	Termómetro
Molino manual	pH-metro
Colador de plástico	Densímetro
Balanza	Test de jarras
Cocina de mesa	Balanza analítica
	Calentador
	Refractómetro
	Embudo de decantación
	Pipetas

Del mismo modo también se utilizó insumos para la elaboración del biocombustible. A continuación, se detalla cada uno de ellos:

Tabla 5: Insumos

Insumos
Semilla de <i>Ricinus communis</i>
Aceite de <i>Ricinus communis</i>
Alcohol
Hidróxido de sodio

2.4.2. Validez y Confiabilidad

En este caso está determinado por el fabricante de los instrumentos utilizados en la investigación. También se validó por el laboratorio de biotecnología y microbiología de la universidad Cesar Vallejo donde se realizaron los diferentes procedimientos y análisis del biodiesel.

2.5. Métodos de Análisis de Datos

En este presente trabajo de investigación se aplica la estadística descriptiva / Excel versión 2016. Así mismo se utiliza el IBM SPSS Statistics versión 25, donde se interpreta cada resultado obtenido de los diferentes tratamientos.

2.6. Aspectos Éticos

Se respeta los derechos de autor en las citas bibliográficas y los datos obtenidos de los diferentes procedimientos de extracción de biodiesel son propias de la investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Rendimiento de Semilla

Se procedió a medir el rendimiento de la semilla de *Ricinus communis* para la elaboración del biocombustible.

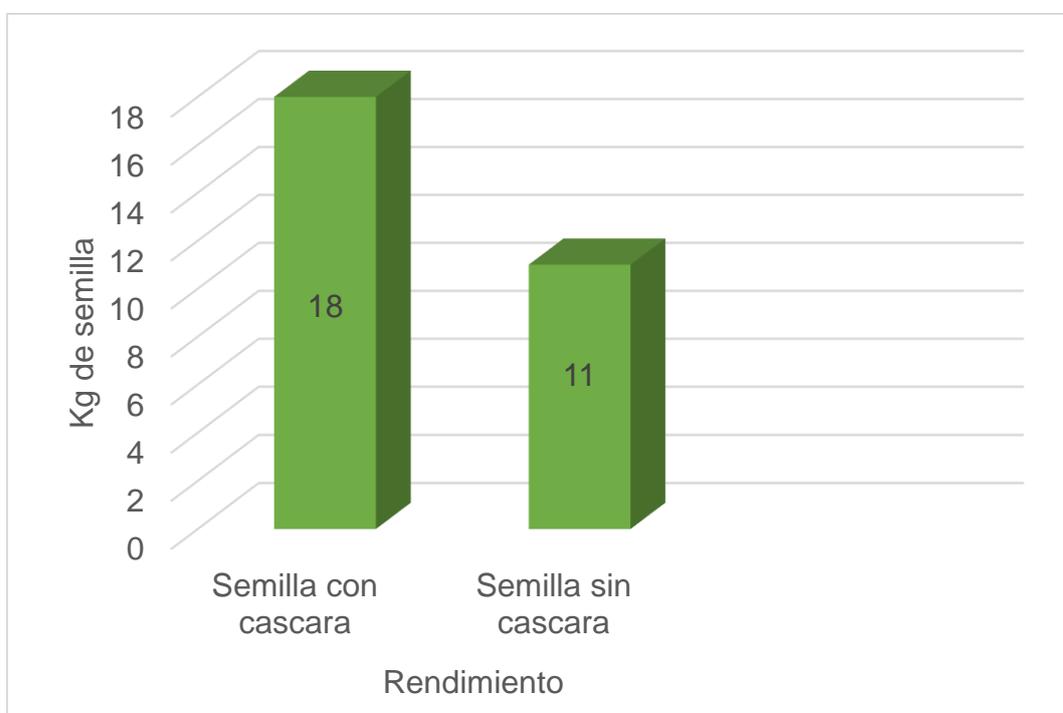


Figura 1: Rendimiento de semilla de *Ricinus communis*

Fuente: Figura elaborado en Excel.

Es importante mencionar que de los 18 kilos de semilla recolectada de *Ricinus communis* se procedió a quitar la cascara que cubre a cada una de ellas, obteniendo como resultado un total de 11 kilos. Este resultado obtenido quiere decir que al descascar la semilla tuvo un rendimiento de 61.11%. Para poder determinar la eficiencia del rendimiento se empleó la siguiente formula:

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Masa de semilla sin cascara}}{\text{Masa de semilla con cascara}} \times 100$$

3.2. Rendimiento de Aceite

Se calculó el rendimiento de aceite extraído a partir de las semillas de *Ricinus Communis*.

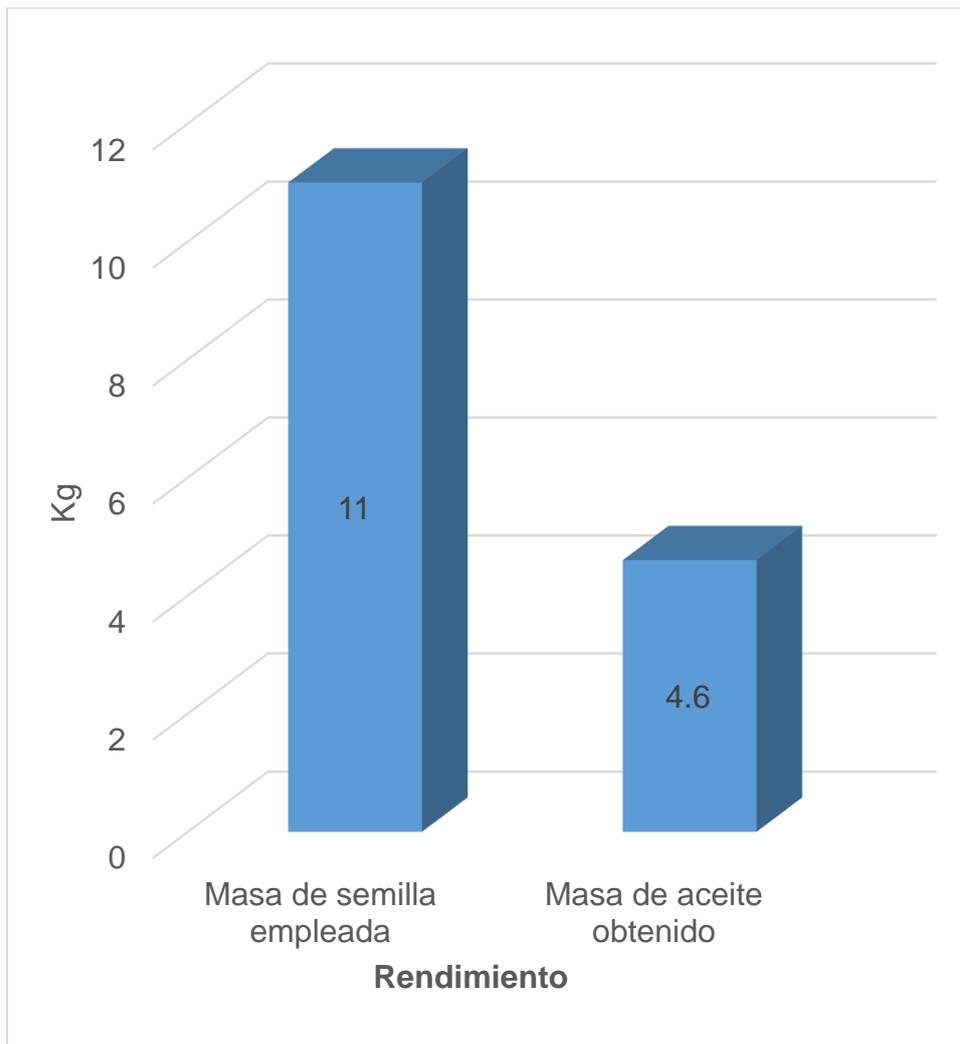


Figura 2: Rendimiento en masa de aceite

Fuente: Figura elaborado en Excel.

La eficiencia del rendimiento del aceite obtenido a partir de los 11 kilos de semillas de *Ricinus Communis* fue de 4.6 kilos de aceite, por lo que se obtuvo un rendimiento de 41.82%. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Masa de aceite obtenido}}{\text{Masa de semilla empleada}} \times 100$$

3.3. Análisis Fisicoquímico del Aceite

Tabla 6: Resultados de análisis del aceite

Propiedades	Resultados
Color	Amarillo pálido
Olor	Rancio
pH	5.8
Temperatura	23.9°C
Densidad	0.92 g/cm ³
Viscosidad	107.3 cP
Temperatura	22.6 °C
%	22
Rpm	150 rpm
Índice de refracción	13.º brix
Conversión	1.34
Temperatura	24.2°C

Fuente: Análisis fisicoquímico del aceite de *Ricinus communis*

La tabla 6 muestra las diferentes propiedades que el aceite de *Ricinus communis* contiene. El color que muestra este aceite es de color amarillo pálido percibiendo un olor rancio. El pH que muestra este aceite es de suma importancia para poder elegir los insumos a utilizar en los tratamientos, en este caso tenemos un pH de 5.8, donde en la obtención final del biocombustible se espera que se aproxime un pH de 7. Es por eso la utilización del catalizador alcalino (NaOH) para poder subir el pH en el procedimiento de los diferentes tratamientos a realizarse.

La densidad y viscosidad son dos propiedades fundamentales a tener en cuenta para la producción de este combustible ya que la densidad es la cantidad de masa comprendida en un determinado cuerpo y viscosidad es la capacidad de poder fluir. El índice de refracción es una propiedad que caracteriza un límite que es un indicador de pureza del aceite.

3.4. Elaboración de Biodiesel del Aceite de *Ricinus communis*

3.4.1. Rendimiento de biodiesel

Se realizó el proceso de transesterificación del aceite a cada tratamiento para poder producir biodiesel. A continuación, se muestra el rendimiento de cada una de ellas:

Tabla 7: Rendimiento de biodiesel por tratamiento

Tratamiento	Cantidad de aceite por repetición (ml)	Repeticiones	Cantidad de biodiesel (ml)	Rendimiento (%)
1	500	1	440	88
	500	2	437	87.4
	500	3	435	87
2	500	1	425	85
	500	2	420	84
	500	3	422	84.4
3	500	1	430	86
	500	2	428	85.6
	500	3	433	86.6

En la tabla 7 podemos observar a los 3 tratamientos de biodiesel con sus pertinentes repeticiones, donde se demuestra el rendimiento de cada repetición. También se demuestra que el tratamiento 1 es el que más alto rendimiento obtuvo, demostrando así que es el método más eficaz para la elaboración de este biocombustible hecho a partir del aceite del *Ricinus communis*.

Tabla 8: Media de los rendimientos de biodiesel

Rendimiento de biodiesel	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Tratamiento_1	3	87,47	,503	,291	86,22	88,72	87	88
Tratamiento_2	3	84,47	,503	,291	83,22	85,72	84	85
Tratamiento_3	3	86,07	,503	,291	84,82	87,32	86	87
Total	9	86,00	1,371	,457	84,95	87,05	84	88

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

En la tabla anterior podemos resaltar las medias de los 3 tratamientos de biodiesel realizados con un intervalo de 95% de confianza. Las medias son los resultados obtenidos de las 3 repeticiones ejecutadas para cada tratamiento con una desviación estándar de 0,503.

Tabla 9: Anova de los resultados del rendimiento de biodiesel

Rendimiento de biodiesel	ANOVA				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	13,520	2	6,760	26,684	,001
Dentro de grupos	1,520	6	,253		
Total	15,040	8			

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

Al 5% de significancia ($p_{\text{valor}}=0,001 < 0,05$) hay suficiente evidencia de estadística para rechazar la hipótesis nula, por tanto la eficiencia del biodiesel como combustible alternativo producido a partir del aceite de semillas de *Ricinus*

communis es alta. Además, se puede evidenciar que hay suficiente eficiencia de los rendimientos de biodiesel.

Tabla 10: Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Rendimiento de biodiesel							
	(I)	(J)	Diferencia	Desv.	Sig.	Intervalo de	
	Tratamiento	Tratamiento	de medias	Error		confianza al 95%	
	de biodiesel	de biodiesel	(I-J)			Límite	Límite
						inferior	superior
HSD Tukey	Tratamiento_1	Tratamiento_2	3,000*	,411	,001	1,74	4,26
		Tratamiento_3	1,400*	,411	,033	,14	2,66
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	-3,000*	,411	,001	-4,26	-1,74
		Tratamiento_3	-1,600*	,411	,019	-2,86	-,34
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	-1,400*	,411	,033	-2,66	-,14
		Tratamiento_2	1,600*	,411	,019	,34	2,86

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

De la tabla 10 se puede indicar que al momento de hacer la prueba de Tukey da como resultado que la diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 11: Subconjuntos homogéneos

Rendimiento de biodiesel					
	Tratamiento de biodiesel	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD Tukey ^a	Tratamiento_2	3	84,47		
	Tratamiento_3	3		86,07	
	Tratamiento_1	3			87,47
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

En la tabla 11 se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos para poder determinar si hay resultados similares; en el cual se obtuvieron diferencia de media de los 3 tratamientos. Esto quiere decir que hay una diferencia significativa para cada tratamiento y además utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica: 3.000.

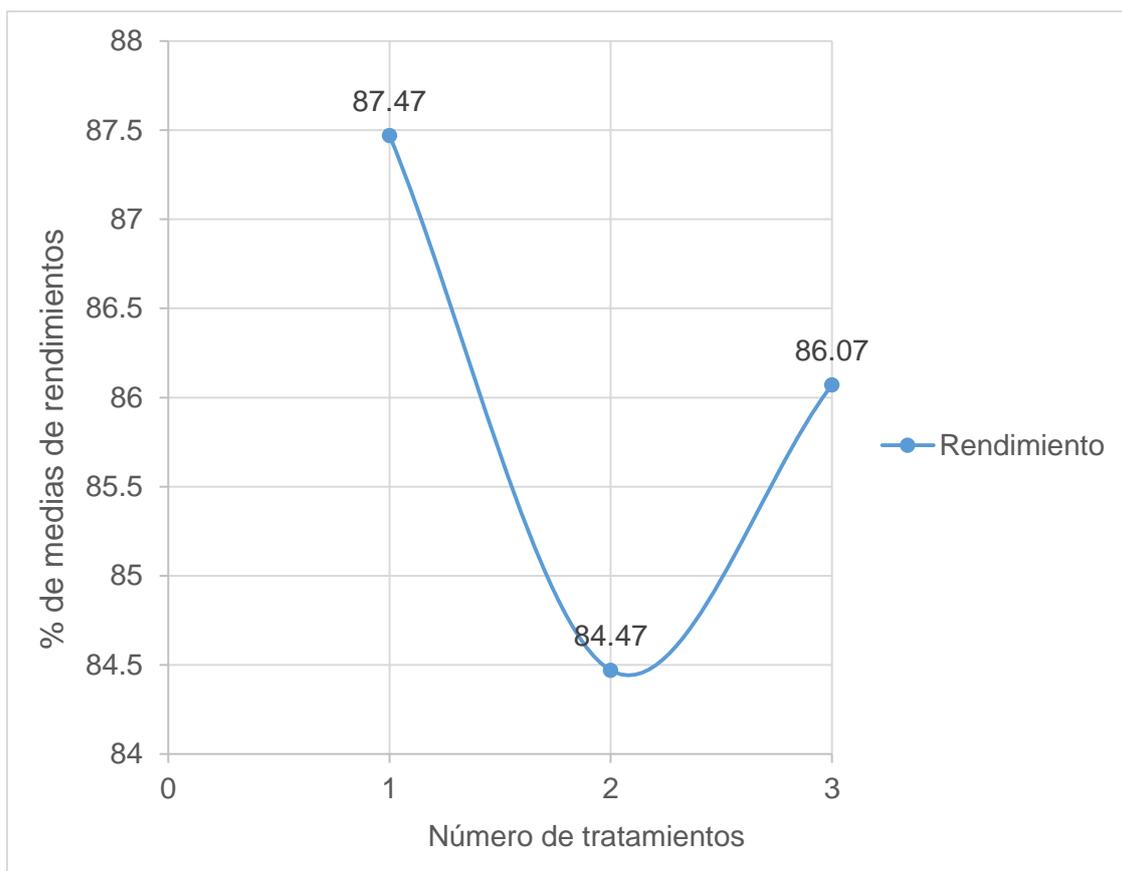


Figura 3: Medias de rendimientos de biodiesel

Fuente: Figura elaborado en Excel.

De los métodos realizados podemos destacar que los tratamientos 1 y 3 son más eficientes, obteniendo un rindiendo promedio de 87.47 y 86.07 % respectivamente. Po lo tanto es necesario resaltar que para una cantidad de 500 ml de aceite se debe utilizar 130 ml de alcohol y 2.5 g de NaOH para tener un mejor proceso de transesterificación y como segunda opción también podemos

usar 140 ml de alcohol y 3 g de NaOH para poder obtener un alto rendimiento de biodiesel.

3.5. Análisis fisicoquímico del biodiesel

Se realizaron los siguientes análisis del biodiesel extraído de *Ricinus communis* para poder determinar su calidad de cada propiedad. Del mismo modo esto nos sirve para verificar en qué estado se encuentra este biodiesel para luego realizar algunas pruebas en motores estacionarios.

3.5.1. Color

Se determinó por triplicado la calidad del color del biodiesel obtenido a partir de las semillas de *Ricinus communis*.

Tabla 12: Color del biodiesel

Tratamiento	Repeticiones	Color
T ₀		Amarillo pálido
	1	Amarillo
1	2	Amarillo
	3	Amarillo
	1	Verde claro
2	2	Verde claro
	3	Verde claro
	1	Amarillo
3	2	Amarillo
	3	Amarillo

Fuente: Análisis físico del biodiesel.

En la tabla 12 se especifica el color del aceite antes de su tratamiento y del biodiesel en sus 3 tratamientos y a la misma vez se puede llegar a afirmar que los

tratamientos 1 y 3 son del mismo color amarillo y el segundo es verde claro. Estos colores varían ya sea por las distintas concentraciones de insumos (aceite, etanol e hidróxido de sodio) que se han utilizados en los procedimientos.

3.5.2. pH

Se determinó la medida de pH por triplicado para cada tratamiento de biodiesel con una temperatura promedio de 23.1^oc, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 13: Resultados del pH del biodiesel

Tratamiento	Repeticiones	pH
T ₀		5.8
	1	7.92
1	2	7.98
	3	7.48
	1	8.26
2	2	8.27
	3	8.49
	1	7.91
3	2	7.94
	3	7.57

Fuente: Análisis químico del biodiesel.

En la tabla 13 observamos los resultados de pH del testigo y de los 3 tratamientos de biodiesel, donde los tratamientos 1 y 3 presentan una mejor calidad por estar más cercano a un pH de 7. Esta propiedad puede determinar la calidad de limpieza que el biodiesel puede tener ya que si contiene un rango bajo o alto esto puede perjudicar la efectividad del biocombustible.

Tabla 14: Media de pH del biodiesel

pH del biodiesel	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Tratamiento_1	3	7,79	,273	,158	7,12	8,47	7	8
Tratamiento_2	3	8,34	,130	,075	8,02	8,66	8	8
Tratamiento_3	3	7,81	,206	,119	7,30	8,32	8	8
Total	9	7,98	,326	,109	7,73	8,23	7	8

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

En la tabla anterior se especifica las medias de los 3 tratamientos de biodiesel ejecutados con un intervalo de 95% de confianza. Las medias son los resultados obtenidos de las 3 repeticiones que contenía cada tratamiento desarrollada con una desviación estándar para el primer tratamiento de 0,273; segundo fue de 0,130 y el tercero 0,206. Aquí se puede demostrar que los tratamientos 1 y 3 tienen un pH más cercano a 7, es por eso que se debe elegir a estos dos tratamientos ya que contienen un rango valido.

Tabla 15: Anova de los resultados del pH del biodiesel

pH del biodiesel	ANOVA				
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,583	2	,292	6,548	,031
Dentro de grupos	,267	6	,045		
Total	,851	8			

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

Al 5% de significancia ($p_valor = 0,031 < 0,05$) hay suficiente evidencia de estadística para rechazar la hipótesis nula, por tanto la eficiencia del biodiesel

como combustible alternativo producido a partir del aceite de semillas de *Ricinus communis* es alta. Además, se puede demostrar que hay rangos de pH permitidos para tener una buena eficiencia de biodiesel.

Tabla 16: Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: pH del biodiesel							
	(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
	Tratamiento de biodiesel	Tratamiento de biodiesel				Límite inferior	Límite superior
HS D Tuk ey	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-,547*	,172	,044	-1,08	-,02
		Tratamiento_3	-,013	,172	,997	-,54	,52
	Tratamiento_2	Tratamiento_1	,547*	,172	,044	,02	1,08
		Tratamiento_3	,533*	,172	,048	,00	1,06
	Tratamiento_3	Tratamiento_1	,013	,172	,997	-,52	,54
		Tratamiento_2	-,533*	,172	,048	-1,06	,00

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

De la tabla 16 se puede demostrar que al momento de ejecutar la prueba de Tukey da como resultado que la diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 17: Subconjuntos homogéneos

pH del biodiesel			
	Tratamiento de biodiesel	N	Subconjunto para alfa = 0.05
			1 2
HSD Tukey ^a	Tratamiento_1	3	7,79
	Tratamiento_3	3	7,81
	Tratamiento_2	3	8,34

Sig.	,997	1,000
------	------	-------

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

De la tabla 17 se puede visualizar las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos, encontrando que los tratamientos 1 y 3 están en un mismo subconjunto por tener resultados muy cercanos con una significación de 0.05. Del mismo modo podemos mencionar que el tratamiento 2 tiene una diferencia significativa con el resto de tratamientos. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

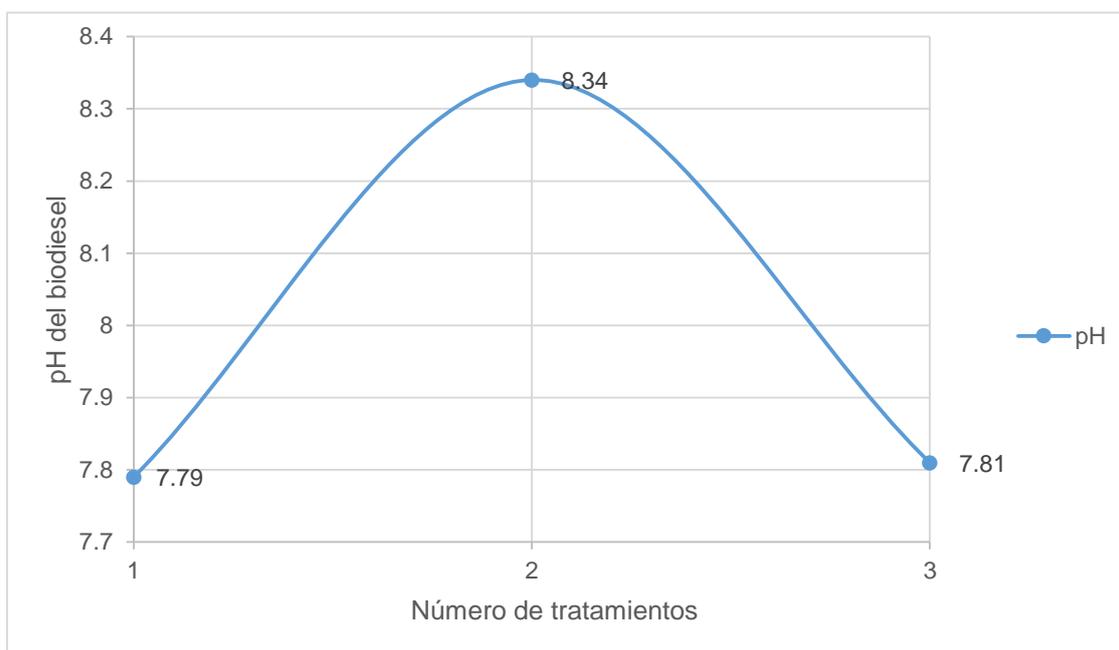


Figura 4: Media del pH del biodiesel.

Fuente: Figura elaborada en Excel.

En la figura 4 se observa con claridad la similitud de resultados de pH de los tratamientos 1 y 3 de la elaboración de biodiesel a partir del aceite de las semillas de *Ricinus communis*, asimismo cabe priorizar que estos 2 tratamientos son más eficientes.

3.5.3. Densidad

La densidad se realizó por triplicado para cada tratamiento, consiguiendo los siguientes datos:

Tabla 18: Densidad del biodiesel

Tratamiento	Repeticiones	Densidad (g/cm ³)
T ₀		0.92
	1	0.89
1	2	0.90
	3	0.89
	1	0.92
2	2	0.94
	3	0.91
	1	0.89
3	2	0.88
	3	0.90

Fuente: Análisis físico del biodiesel

En la tabla 18 se observa el valor del testigo y se puede destacar los resultados de los tratamientos realizados que son similares. La variación de las densidades del testigo y biodiesel depende de los insumos utilizados en la elaboración del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis*. Esta es una propiedad física fundamental para poder evaluar la calidad del biocombustible.

Tabla 19: Media de la densidad del biodiesel

Densidad del biodiesel	N	Me día	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Tratamien to_1	3	,89	,006	,003	,88	,91	1	1
Tratamien to_2	3	,92	,015	,009	,89	,96	1	1
Tratamien to_3	3	,89	,010	,006	,87	,91	1	1
Total	9	,90	,019	,006	,89	,92	1	1

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

En la tabla 19 se observa las medias de los 3 tratamientos de biodiesel realizados con un intervalo de 95% de confianza. Las medias son los resultados obtenidos de las 3 repeticiones realizadas donde se resalta que los tratamientos 1 y 3 tienen una misma media de 0,89.

Tabla 20: Anova de los resultados de la densidad del biodiesel

ANOVA					
Densidad de biodiesel					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,002	2	,001	8,273	,019
Dentro de grupos	,001	6	,000		
Total	,003	8			

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

Al 5% de significancia ($p_{\text{valor}}=0,019 < 0,05$) hay suficiente evidencia de estadística para rechazar la hipótesis nula, por tanto, la eficiencia del biodiesel como combustible alternativo producido a partir del aceite de semillas de *Ricinus communis* es alta. Además, se puede especificar que hay 2 tratamientos que cumplen con límites permitidos para tener una buena eficiencia de biodiesel.

Tabla 21: Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Densidad de biodiesel							
	(I) Tratamiento de biodiesel	(J) Tratamiento de biodiesel	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HS	Tratamiento_1	Tratamiento_2	-,030*	,009	,037	-,06	,00
Tukey		Tratamiento_3	,003	,009	,928	-,02	,03

Tratami	Tratamiento_	,030*	,009	,03	,00	,06
ento_2	1			7		
	Tratamiento_	,033*	,009	,02	,01	,06
	3			4		
Tratami	Tratamiento_	-,003	,009	,92	-,03	,02
ento_3	1			8		
	Tratamiento_	-,033*	,009	,02	-,06	-,01
	2			4		

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

En la tabla 21 se puede mostrar los resultados de la prueba de Tukey que da como resultado que la diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05, por lo tanto, hay diferencias significativas en cada tratamiento.

Tabla 22: Subconjuntos homogéneos

		Densidad de biodiesel		
Tratamiento de biodiesel		N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD	Tratamiento_3	3	,89	
Tukey ^a	Tratamiento_1	3	,89	
	Tratamiento_2	3		,92
	Sig.		,928	1,000

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

En la tabla 22 se representan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. De los datos obtenidos podemos afirmar que los tratamientos 1 y 3 representan un solo subconjunto homogéneo por contener los mismos datos a una significancia de 0.05 y además cabe resaltar que estos 2 tratamientos están dentro de los límites permitidos para la densidad del biodiesel. Según Normativas ASTM y DIN/ISO en la producción de biodiesel dice que el límite permitido de densidad debe estar entre 0.86 – 0.90 g/cm³. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

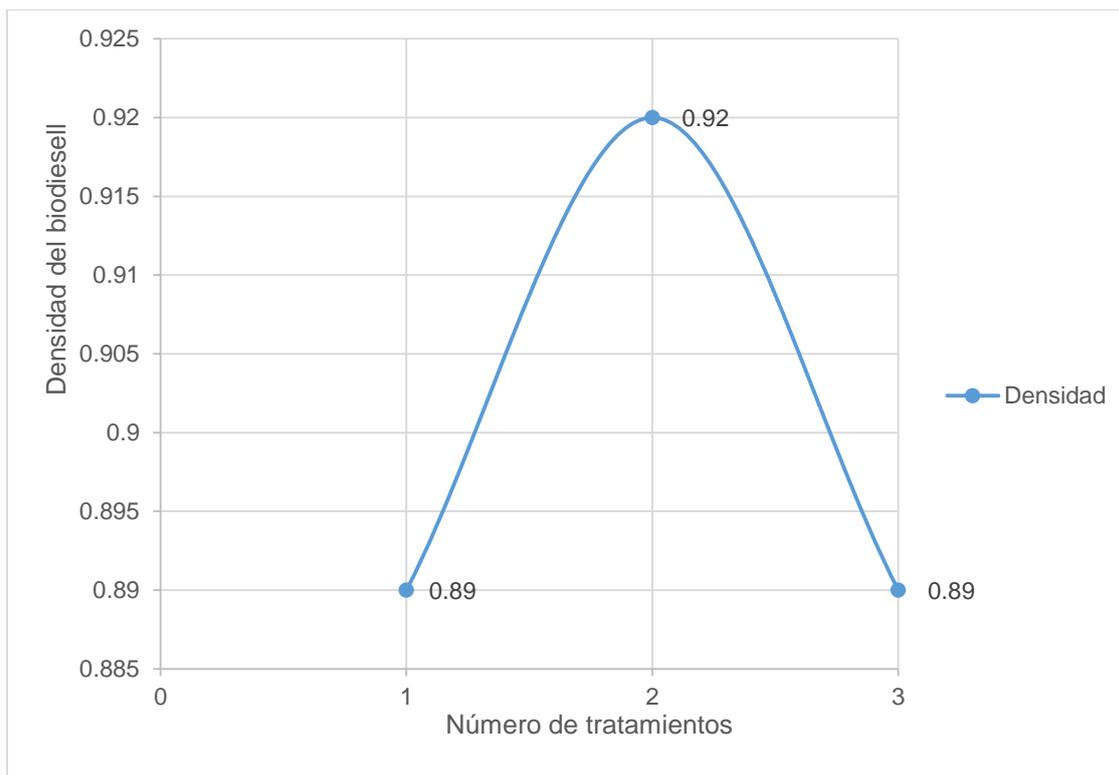


Figura 5: Media de densidad del biodiesel

Fuente: Figura elaborada en Excel.

En la figura 5 se observa los valores obtenidos de la densidad de biodiesel, obteniendo resultados (0.89, 0.92 y 0.89) g/cm^3 para cada tratamiento. También se puede apreciar que los tratamientos 1 y 3 tienen un mismo valor y que además están dentro de los límites permitidos para ser usado como combustible alternativo.

3.5.4. Viscosidad

Tabla 23: Viscosidad del biodiesel

Tratamiento	Viscosidad (cP)	Temperatura (°c)	RPM	%
T ₀	107.3	22.6	150	22
1	81.5	22.7	105	23
	93	22.5	150	35
2	105	22.6	105	20
	103.7	22.5	200	51.8
3	63.6	22.9	150	23.9

	74	22.6	200	37
--	----	------	-----	----

Fuente: análisis físico del biodiesel.

Se evaluó la viscosidad de los 3 tratamientos, con su respectiva temperatura, revoluciones por minuto y su porcentaje de medición.

Tabla 24: Media de la viscosidad del biodiesel

Viscosidad del biodiesel	N	Mediana	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
Tratamiento_1	2	87,25	8,132	5,750	14,19	160,31	82	93
Tratamiento_2	2	104,35	,919	,650	96,09	112,61	104	105
Tratamiento_3	2	68,80	7,354	5,200	2,73	134,87	64	74
Total	6	86,80	16,646	6,796	69,33	104,27	64	105

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

En la tabla 24 se observa los valores de las medias de los 3 tratamientos de biodiesel realizados con un intervalo de 95% de confianza para la media. Las medias se obtienen de las 2 repeticiones ejecutadas para cada tratamiento con una desviación estándar para el primer tratamiento 8,132; segundo 0,919 y tercer tratamiento 7,354. Además, los resultados de los tratamientos 1 y 3 están más cercanos y se considera una viscosidad más eficiente por contener una mejor calidad del producto.

Tabla 25: Anova de los resultados de la viscosidad del biodiesel

ANOVA					
Viscosidad del biodiesel	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1264,410	2	632,205	15,668	,026

Dentro de grupos	121,050	3	40,350
Total	1385,460	5	

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

Al 5% de significancia ($p_{\text{valor}}=0,026 < 0,05$) hay suficiente evidencia de estadística para rechazar la hipótesis nula, por tanto, la eficiencia del biodiesel como combustible alternativo producido a partir del aceite de semillas de *Ricinus communis* es alta. Asimismo, se puede señalar que hay límites cercanos de viscosidad a otras investigaciones sobre la elaboración de biocombustibles a partir del aceite de *Ricinus communis*.

Tabla 26: Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples							
Variable dependiente: Viscosidad del biodiesel							
	(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
	Tratamiento de biodiesel	Tratamiento de biodiesel				Límite inferior	Límite superior
HS D Tuk ey	Tratamiento _1	Tratamiento _2	-17,100	6,352	,144	-43,64	9,44
		Tratamiento _3	18,450	6,352	,121	-8,09	44,99
	Tratamiento _2	Tratamiento _1	17,100	6,352	,144	-9,44	43,64
		Tratamiento _3	35,550*	6,352	,023	9,01	62,09
	Tratamiento _3	Tratamiento _1	-18,450	6,352	,121	-44,99	8,09
		Tratamiento _2	-35,550*	6,352	,023	-62,09	-9,01

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

En la tabla 26 se manifiesta los resultados de la prueba de Tukey, donde se detalla comparaciones múltiples. En esta se puntualiza que la diferencia de

medias es significativa en el nivel 0.05, por lo tanto, hay diferencias significativas en cada tratamiento de biodiesel.

Tabla 27: Subconjuntos homogéneos

Viscosidad del biodiesel				
	Tratamiento de biodiesel	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey ^a	Tratamiento_3	2	68,80	
	Tratamiento_1	2	87,25	87,25
	Tratamiento_2	2		104,35
	Sig.		,121	,144

Fuente: Tabla elaborado en SPSS.

Se observan las medias para las colecciones en los subconjuntos homogéneos y además se utiliza un tamaño de la muestra de la media armónica = 2,000.

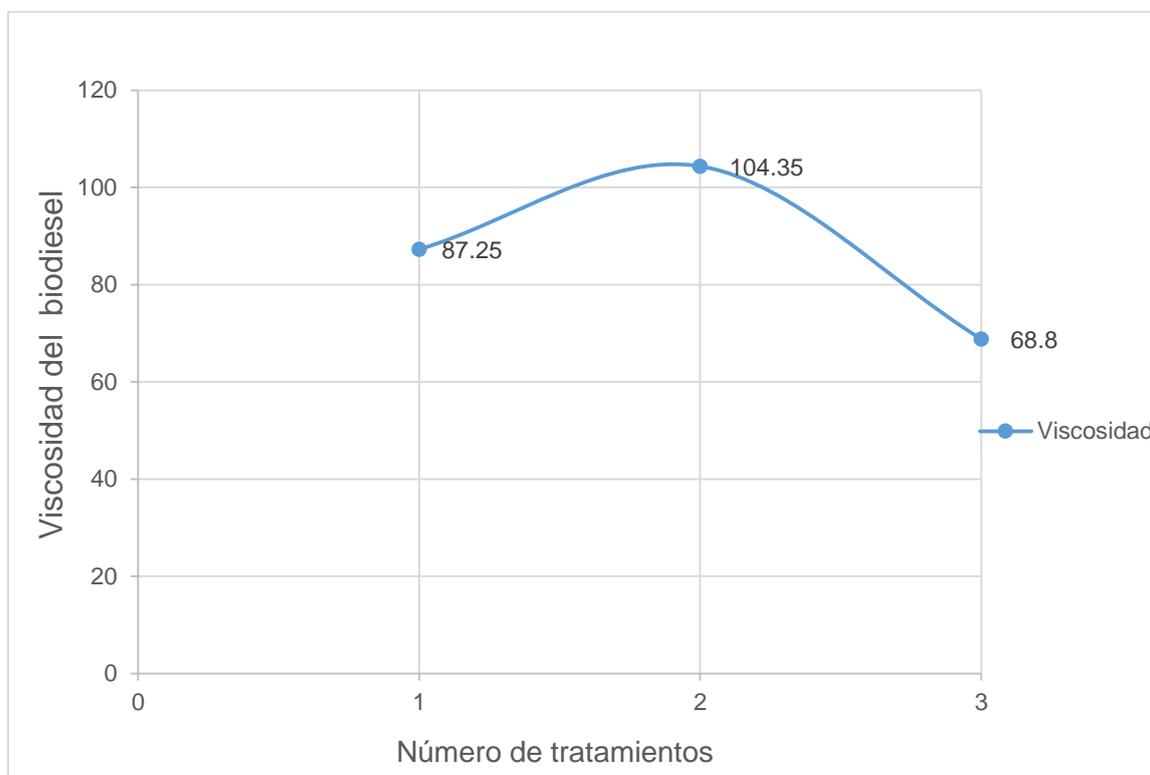


Figura 6: Media de viscosidad del biodiesel

Fuente: Figura elaborado en Excel.

En la figura 6 se demuestra los valores obtenidos de viscosidad donde se precisa que el tratamiento 1 y 3 están en un límite menor que el tratamiento 2. Estos resultados dependerán mucho del proceso e insumos que se utilizan para la elaboración del biodiesel. También se consideró que los tratamientos 1 y 3 tienen una eficiencia más alta, debido a su capacidad de fluidez del combustible.

3.5.5. Índice de refracción

Se determinó el índice de refracción por triplicado para cada tratamiento con su referida temperatura. Pero primeramente se obtuvo en ° brix para luego convertir a índice de refracción.

Tabla 28: Índice de refracción del biodiesel

Tratamiento	Repeticiones	°Brix	T(°c)
T ₀		13	24.2
1	1	71.7	23.1
	2	70.8	22.8
	3	70.4	22.4
	1	70.8	22.8
2	2	70.7	22.4
	3	71.7	23.1
	1	70.7	22.4
3	2	71.3	22.3
	3	70.6	22.4

Fuente: Análisis físico del biodiesel.

Luego de haber obtenido estos datos en grados brix procedemos a convertir a índice de refracción donde se tomó como referencia la tabla de grados de refracción. (MANUALES PARA EDUCACIÓN AGROPECUARIA. CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS, 1990).

Tabla 29: Conversión de grado Brix a índice de refracción

Tratamiento	Repeticiones	I. refracción	T(°c)	Promedio I. refracción	Promedio T(°c)
T ₀		1.34	24.2		
1	1	1.46	23.1	1.46	22.76°c
	2	1.46	22.8		
	3	1.46	22.4		
2	1	1.46	22.8	1.46	22.76°c
	2	1.46	22.4		
	3	1.46	23.1		
3	1	1.46	22.4	1.46	22.36°c
	2	1.46	22.3		
	3	1.46	22.4		

Fuente: Análisis físico del biodiesel.

En la tabla 29 se interpreta que los tratamientos de biodiesel contienen un mismo resultado de índice de refracción. Además, se puede visualizar que hay una diferencia con el testigo, esto podría ser por los insumos utilizados en los tratamientos ya que varía en el resultado final. Los tratamientos cuentan con su temperatura de medida que son valores similares en los tratamientos y se puede observar a simple vista que no hay diferencias entre tratamientos.

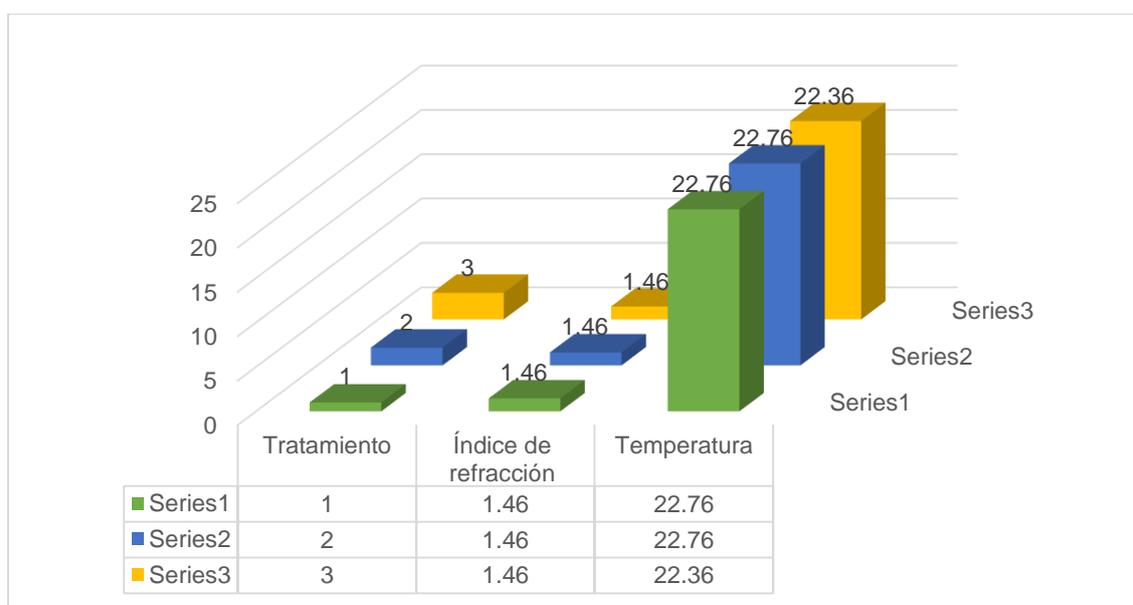


Figura 7: Promedio de índice de refracción del biodiesel

Fuente: Figura elaborado en Excel.

En la figura 7 se puede observar que el índice de refracción para los 3 tratamientos de biodiesel elaborado a partir del aceite de *Ricinus communis* se obtuvo resultados parecidos en todos los tratamientos. Esta propiedad es fundamental en la producción de biodiesel ya que es un indicador de pureza y calidad.

3.6. Pruebas de biodiesel

Tabla 30: Pruebas de biodiesel

Tratamiento	Cantidad biodiesel (ml)	de puro	Cantidad de gasolina	Total de biodiesel (ml)
1	80		70	150
3	90		60	150

La prueba de biodiesel se realizó en un motor estacionario Honda 5.5 HP. Se llevó a probar el biocombustible más eficiente que según lo investigado y analizado mediante los análisis fisicoquímicos podemos mencionar que las características de los tratamientos 1 y 3 contienen una alta eficiencia para su uso. Para llevar a cabo las pruebas primero se realizó una mezcla de biodiesel y gasolina en diferentes proporciones. Estas mezclas se realizaron con la finalidad de que el biodiesel mezclado con la gasolina tenga características más similares a la gasolina ya que se llegó a probar en un motor estacionario.

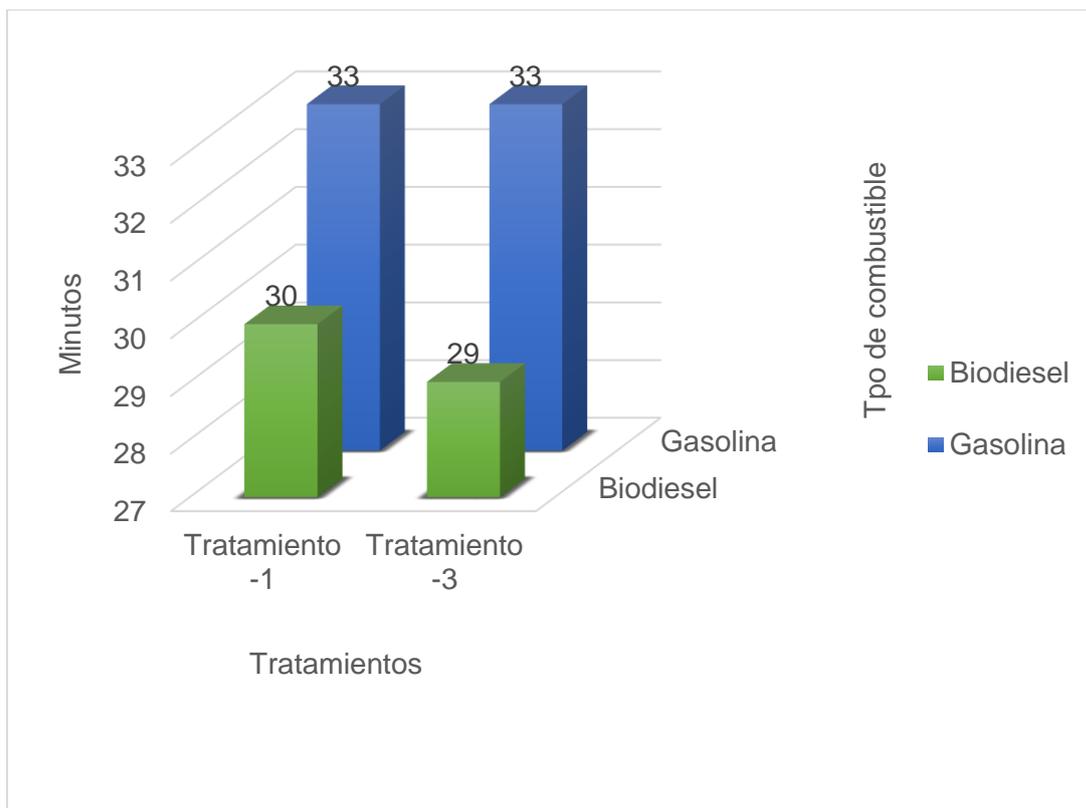


Figura 8: Comparaciones de combustibles

Fuente: Figura elaborado en Excel.

En la figura 8 se observa los resultados de las pruebas de combustibles realizados en un motor estacionario donde se midió el tiempo de duración (minutos) de los tratamientos 1 y 3 con diferentes mezclas de biodiesel/gasolina conteniendo un total de 150 ml respectivamente. También se llevó a probar la gasolina (150 ml) para poder ver la eficiencia del biodiesel frente a la gasolina. Al terminar de realizar esta etapa se demuestra que los resultados de biodiesel están muy cercanos a los valores obtenidos de la gasolina, comprobando así que la eficiencia de este biocombustible es alta y además es una buena alternativa para poder usarla.

3.7. Comparaciones de eficiencia del biodiesel de *Ricinus communis* y diésel de petróleo

A continuación, se mencionará las principales diferencias que hay entre el biodiesel de *Ricinus communis* y diésel de petróleo.

Tabla 31: Comparaciones de biodiesel y diésel

Biodiesel	Diésel
La elaboración del biodiesel genera buenos porcentajes de rendimientos en los procesos de producción utilizando el aceite de las semillas de <i>Ricinus communis</i> y un catalizador (NaOH) y solvente (etanol).	Tiene altos rendimientos en producción pero es derivado del petróleo
Sus propiedades fisicoquímicas demandan una alta eficiencia para ser utilizado ya sea puro o mezclado con otros combustibles.	Sus características hacen que sea un combustible eficiente, pero su uso genera gases contaminantes
Es un recurso renovable y amigable con el medio ambiente.	Recurso altamente contaminante al medio ambiente ya que es procedente de combustibles fósiles.

IV. DISCUSIÓN

Se procede a discutir los principales datos obtenidos de los diferentes procedimientos realizados en la elaboración del biocombustible a partir de las semillas de *Ricinus communis*.

El rendimiento de aceite extraído de las semillas de *Ricinus communis* fue de 41.82%, conteniendo un aceite limpio y eficiente para recibir los tratamientos para su transformación a biodiesel. En estudios de CABRALES (2014), menciona en su libro titulado “Rendimientos en semilla y calidad de los aceites del cultivo de higuierilla (*Ricinus communis*) en el valle de Sinú departamento de Córdoba” señala que la semilla contiene un porcentaje de aceite de 35 a 55%, por lo que esto va estar muy cercano al porcentaje de rendimiento de extracción de aceite y

que también dependerá del tipo de procedimiento, tecnología y reactivos que se aplique en los procedimientos de extracción. Además, también ARDILA y LEÓN (2008) menciona que las semillas de *Ricinus communis* contienen un rendimiento de aceite de 46.19%, por tal razón estos resultados sirven para tener de referencia a nuestra investigación.

El análisis fisicoquímico que se realizó al aceite presenta características deseables para la elaboración de biodiesel. Este aceite presenta un color amarillo pálido, su pH es 5.8, densidad 0.92 g/cm³; este último resultado de esta propiedad está cercano a resultados de ARANCIBIA y CALERO en Ecuador (2011), donde realizó una tesis titulada “obtención de biodiesel a partir del aceite de semillas oleaginosas de la provincia de Chimborazo” donde al finalizar todos los procedimientos obtuvo una densidad de aceite de 0.96 g/cm³.

Los rendimientos de biodiesel fueron satisfactorios para los 3 tratamientos. El primer tratamiento se utilizó 130 ml de alcohol y 2.5 gramos de NaOH, el segundo 135 ml de alcohol y 2.5g de NaOH, en el tercero se usó 140 ml de alcohol y 3 g de hidróxido de sodio para 500 ml de aceite respectivamente. En el primer ensayo se obtuvo un rendimiento de 87.47 %, el segundo 84.47% y el tercero 86.07%, con lo que se resalta emplear estas cantidades de reactivos para la elaboración de biodiesel. Indagaciones de ARMENDARIZ (2012) resalta en su tesis titulada “caracterización fenotípica y molecular de genotipos de higuierilla (*Ricinus communis* L.) Para la producción de biodiesel”, que para la elaboración de biodiesel obtuvo rendimientos de 80.4 - 93.2%. Por otro lado, GONZALES et al (2006) consigue tener un rendimiento general de biodiesel de 89%. Estos resultados adquiridos por estos investigadores son similares a resultados obtenidos en nuestra investigación.

El valor promedio del pH obtenido de la elaboración de biodiesel a partir del aceite de semillas de *Ricinus communis* para los tres tratamientos son de 7.79, 8.34 y 7.81 respectivamente. Resultados de ARANCIBIA y CALERO en Ecuador (2011), obtienen resultados de un pH de 7.12, en tal sentido determinamos que

los tratamientos 1 y 3 están más cercanos a resultados obtenidos por los autores mencionado anteriormente.

El uso del aceite extraído de las semillas de *Ricinus communis* favorece significativamente en la elaboración de biodiesel. La calidad del biodiesel obtenido fue satisfactoria, obteniendo resultados como el valor promedio de los tratamientos en el cual la densidad del biodiesel del primer tratamiento fue 0.89 g/cm³, el segundo de 0.92 g/cm³ y el tercero 0.89 g/cm³. Comparando resultados obtenidos con BELLO y MAKANJU (2011) reportan una densidad de 0.886 g/cm³, siendo estos valores muy similares a los resultados arrojados en esta investigación. Sin embargo, un estudio realizado por el ESTADO DE MÉXICO (2009) demuestra resultados de 0.964 g/cm³, lo que se manifiesta que podemos afirmar que los datos obtenidos en la densidad en ambas investigaciones son cercanos. También podemos decir que este combustible va a variar en sus resultados ya sea por el procedimiento que se elige, reactivos o también un punto a tener en cuenta sería la temperatura.

Por otro lado, la densidad obtenida en los 3 tratamientos en esta investigación 2 cumplen con las Normativas ASTM y DIN/ISO en la producción de biodiesel donde los límites permitidos debe estar entre 0.86 – 0.90 g/cm³. Ahora comparando con tratamientos realizados podemos afirmar que los tratamientos 1 y 3 cumplen con los rangos establecidos. Del mismo modo cabe señalar que este biocombustible disminuirá niveles de contaminación ya que no contiene partículas muy contaminantes para el ambiente.

También se analizó la propiedad física llamada viscosidad del biodiesel donde se evaluó el mínimo y máxima viscosidad con referente a las revoluciones por minuto. Donde se obtuvo los siguientes resultados, primer tratamiento 81.5; 93 cP, segundo tratamiento 105; 103.7 cP y 63.6; 74 cP. Resultados de ARMENDARIZ (2012) obtuvo viscosidades de 54.73; 77.20 y 158.25 mm²/s, rescatando algunas variaciones en resultados en el que mayormente dependerá mucho de la temperatura en el momento que se realizó el análisis de biodiesel.

Los resultados de los promedios del índice de refracción para los diferentes tratamientos del biodiesel fueron de 1.46. En estudios de SÁNCHEZ y HUERTAS (2012) en su tesis titulada “obtención y caracterización de biodiesel a partir de aceite de semillas de *Ricinus communis*. (Higuerilla) modificadas genéticamente y cultivadas en el eje cafetero”, para obtener el título de químico industrial adquirió resultados de 1.46 logrando así obtener los mismos datos para ambas investigaciones.

V. CONCLUSIONES

1. La eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo es alta ya que genero altos índices de porcentajes de rendimiento de biodiesel, además por sus características fisicoquímicas que demuestran una óptima calidad.
2. La elaboración del biodiesel obtenido a partir del aceite de semillas de *Ricinus communis* es factible y eficiente para ser usado como combustible alternativo según información recolectada y obtenida en esta investigación.
3. Las propiedades fisicoquímico del aceite de las semillas de *Ricinus communis* demanda una buena calidad y una excelente opción para ser transformado a biodiesel.
4. Las propiedades fisicoquímico del biodiesel obtenido de *Ricinus communis* presentan una alta eficiencia, considerando así este combustible como una excelente alternativa ecológica y económica para ser utilizado ya sea mezclado o puro para poder disminuir los altos índices de contaminación que generan los combustibles fósiles.
5. La eficiencia del biodiesel derivado del aceite de las semillas de *Ricinus communis* es alta y además es un recurso renovable y amigable con el ambiente ya que no demanda alta contaminación ambiental comparando con el diésel tradicional que origina altos niveles de contaminación.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que las instituciones tanto privadas y públicas, trabajen en proyectos de investigación relacionada a temas de elaboraciones de nuevos biocombustibles que no demanden una alta contaminación ambiental.

Es sumamente necesario buscar combustibles limpios en el Perú y sobre todo en la provincia de Chiclayo, para poder disminuir los problemas ambientales que originan las emisiones de los combustibles. Hoy en la actualidad la creciente demanda de este insumo hace que las emisiones de efecto invernadero vayan en aumento es por eso que es importante la transformación de nuevas opciones para poder tener un ambiente equilibrado.

Estudiar otros métodos de extracción de aceite para la elaboración de biocombustible a partir de las semillas de *Ricinus communis*, donde proporcione un mejor rendimiento de aceite.

Investigar métodos eficientes para poder purificar el biodiesel proveniente del aceite de las semillas de *Ricinus communis*, en específico para el procedimiento de lavado del biocombustible debido a que se acumula una gran parte de glicerina que disminuye el rendimiento de biodiesel.

Evaluar el impacto ambiental que ocasionara la utilización de este biocombustible elaborado a partir del aceite de *Ricinus communis*.

VII. REFERENCIAS

ARANCIBIA, Yulene y CALERO, Tatiana. Obtención de biodiesel a partir del aceite de semillas oleaginosas de la provincia de Chimborazo. Tesis (obtención de título de ing. en Biotecnología ambiental). Ecuador: Escuela superior Politécnica de Chimborazo, 2011.

ARMENDARIZ, Jaime. Caracterización fenotípica y molecular de genotipos de higuierilla (*ricinus communis* L.). Tesis (maestrías en ciencias agrícolas). México: Universidad Autónoma Nuevo León de México, 2012.

PALOMINO, Alejandra, BOCANEGRA, Claudia, LOPEZ, Jorge y FLOREZ, Luz. Biodiesel a partir de aceite de higuierilla utilizando lipasa inmovilizada. Revista Ingeniería y Competitividad, vol. 12, núm. 1, 2010, pp. 9-18. ISSN: 0123-3033

CABRALES, Roberto, NARRUGO, José y ABRIL, Jorge. Rendimientos en semilla y calidad de los aceites del cultivo de higuierilla (*ricinus communis* L.) en el valle del Sinú, departamento de Córdoba. [en línea]. 1.ª ed. Córdoba: Universidad de Córdoba, 2014 [fecha de consulta: 18 de setiembre de 2017]. Disponible en: <http://comalfi.com.co/data/documents/Libro-Higuierilla.pdf>

CARLSTEIN, Ricardo. El biodiesel como combustible alternativo. Artículo en línea. Septiembre 2005. [fecha de consulta: 25 de noviembre de 2017].

CASTRO, Paula; COELLO, Javier y CASTILLO, Liliana. Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. 1.ª ed.: 2007 © Soluciones Prácticas – ITDG. ISBN N° 978-9972-47-136-0.

BENAVIDES, Alirio; BENJUMEA, Pedro y PASHOVA, Veselina. El biodiesel de aceite de higuierilla como combustible alternativo para motores diesel. Revista Dyna [en línea]. vol. 74, núm. 153, noviembre, 2007, pp. 141-150. [fecha de consulta: 15 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49615302>. ISSN: 0012-7353.

MUÑOS, Mena. Química Orgánica Ed. Publicaciones Cultural. Decima tercera edición. México. pp 493-494

RIVERA, Paola, y HERNANDEZ ,Lopez. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal [en línea]. 2016, n.º3. [fecha de consulta:25 de octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43743010018>. ISSN: 1021-7444.

MUÑOZ, Ronald. Producción de biodiesel a partir de aceite de higuera (ricinus communis) como combustible alternativo en la provincia de Jaén – Cajamarca. Tesis (ingeniero forestal). Jaen: Universidad Nacional de Jaen , 2014.

PEREZ, Alvarado y DUMAR, Kelly. Análisis del ciclo de vida para la producción de biodiesel a partir de aceite de higuera y etanol. Tesis (optar el título de ingeniero químico). Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2011. Disponible en <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2011/142298.pdf>

RENDON, Natalia y TRIVIÑO, Jan Pierre. 2009. Producción y exportación de la higuera (Ricinus communis L) a Colombia como materia prima para la elaboración de biocombustibles. Tesis (optar el título de ingeniero en gestión empresarial internacional). Guayaquil: Escuela superior Politécnica Del Litoral de Ecuador, 2009. Disponible en : <https://www.researchgate.net/publication/28797192>

SANCHEZ, Iris y HUERTAS, Karina. Obtención y caracterización de biodiesel a partir de aceite de semillas de ricinus communis. (higuera) modificadas genéticamente y cultivadas en el eje cafetero. Tesis (de grado para optar el título de Químico Industrial. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, 2013. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/3048/6626S211.pdf;jsessionid=16481B29813F6CA2F472943BE0AF6CEC?sequence=1>.

MARTINEZ, Melchor y DEL ROSARIO, Maria. Producción de biodiesel a través de la extracción de aceite de higuera. Facultad de Ingeniería: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

MEDINA, Ernestina, CHÁVEZ Angélica y JÁUREGUI Juan. Biodiesel, un combustible alternativo. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 55, 62-70, 2012.

LOZADA, Ricardo y VELÁSQUEZ, Jorge. Transesterificación Alcali-Catalizada Del Aceite De Higuera. Revista Investigaciones Aplicadas No.6, 2009. ISSN 2011-0413.

PARDO, Paola. Estudio de la Estabilidad del Biodiesel Obtenido a partir de aceite de higuera (*Ricinus communis*). Tesis (ingeniería ambiental). Colombia: Universidad libre de Colombia, 2015.

RODRÍGUEZ, Rafael y COLMENERO, Alfredo. Competitividad de la higuera (*Ricinus communis*) para biocombustible en relación a los cultivos actuales en el estado de Oaxaca, México. Revista Mexicana de Agronegocios [en línea] 2013, 32 (Enero-Junio): [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2018] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14125584013>> .ISSN 1405-9282.

ANEXOS

Tabla 32: Instrumentos

Instrumentos	Finalidad
GPS	Ubicar las coordenadas geográficas de la ubicación de zona de recolección de la muestra.
Tijeras de cortar madera	Cortar los racimos de semilla de higuera.
Balanza analítica	Determinado para pesar la cantidad de semilla requerida para luego ser procesada.
Molino Manual	Instrumento manual destinada a reducir un género sólido a polvo como en este caso fue la semilla de higuera.
Cocina de mesa	Preparación de los diferentes procedimientos para obtener aceite.
Viscosímetro	Medir la viscosidad de los productos, aceite y biodiesel.
Densímetro	Medición de densidad del aceite y biodiesel.
pH-metro	Medir el su grado de acidez o alcalinidad del aceite y biodiesel.
Test de jarras	Homogenizar los insumos alcohol/NaOH.
Termómetro	Instrumento utilizado para medir la temperatura del aceite y luego el biodiesel.
Cámara fotográfica	Dispositivo utilizado para capturar imágenes o fotografías durante el procedimiento.
Calentador	Utilizado para poder secar el aceite y biodiesel.
Refractómetro	Medir el índice de refracción de los productos.
Embudo de decantación	Usado para realizar el proceso de decantación.

Figura 9: Flujograma del Procedimiento de Biodiesel

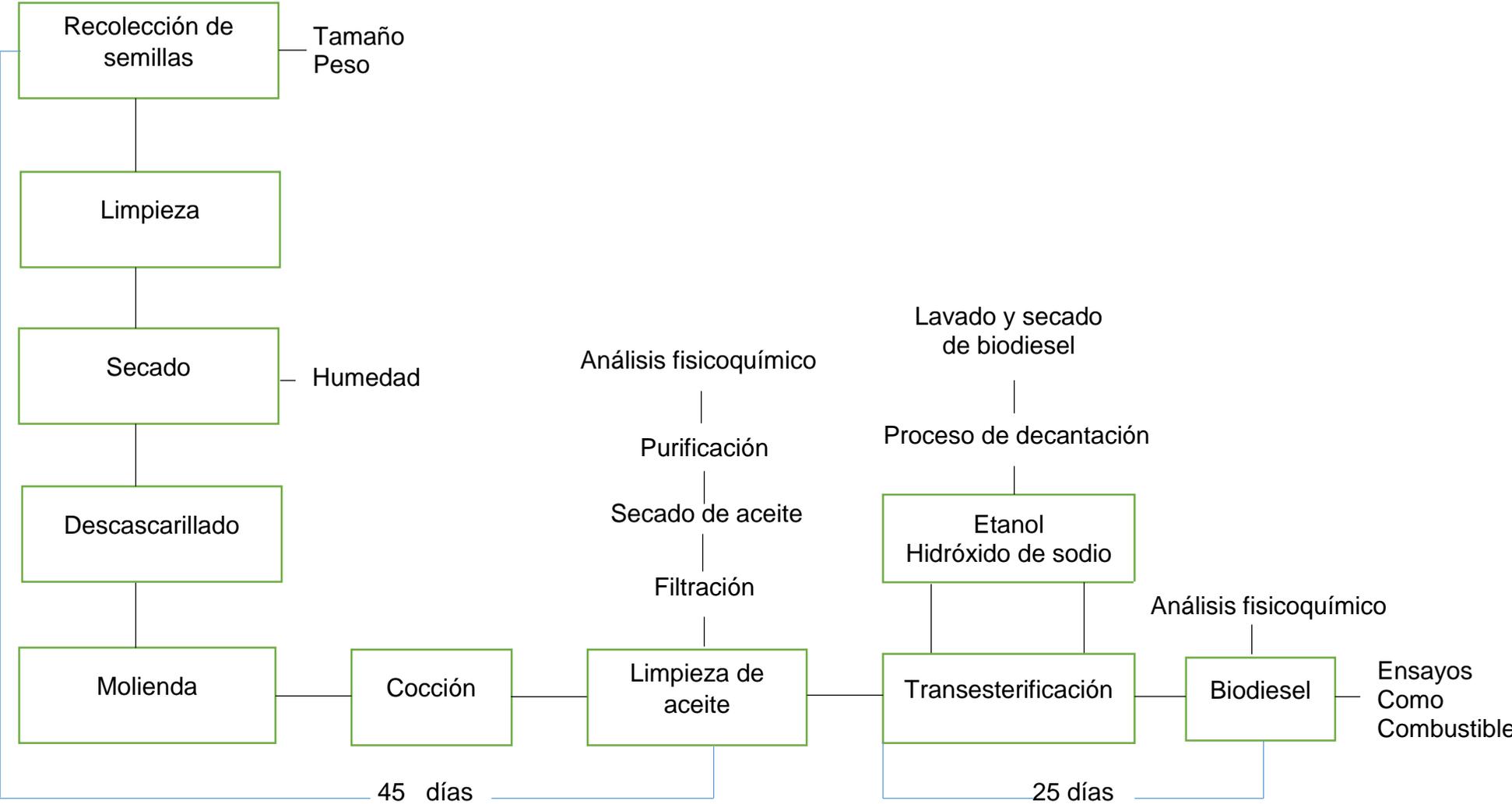


Tabla 33: Cronograma de Ejecución

ACTIVIDADES MESES	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL
Recolección de información	X	X	X								
Recolección de semilla de higuierilla				X							
Selección de semillas					X						
Limpieza y descascarado						X					
Molienda, cocción y separación de aceite con residuos (obtención de aceite)							X				
Elaborar biodiesel del aceite de semillas de <i>Ricinus communis</i> (higuierilla) como combustible alternativo.							X	X			
Analizar las propiedades fisicoquímico del aceite obtenido de <i>Ricinus communis</i> .										X	
Evaluar los propiedades fisicoquímico del biodiesel obtenido de <i>Ricinus communis</i> .										X	
Determinar la eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de <i>Ricinus communis</i> (higuierilla) como combustible alternativo, Chiclayo.										X	

Comparar la eficiencia del biodiesel de <i>Ricinus communis</i> y diésel de petróleo.	X	
Tabulación de resultados	X	
Revisión final		X
Sustentación de proyecto de investigación		X

Tabla 34: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS
¿Cuál es la eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de <i>Ricinus communis</i> (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo?	<p>GENERAL Determinar la eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de <i>Ricinus communis</i> (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo.</p> <p>ESPECÍFICOS Elaborar biodiesel del aceite de semillas de <i>Ricinus communis</i> (higuerilla) como combustible alternativo.</p>	<p>Hi: La eficiencia del biodiesel como combustible alternativo producido a partir del aceite de semillas de <i>Ricinus communis</i> es alta.</p> <p>Ho: La eficiencia del biodiesel como</p>	<p>VD: Eficiencia del Biodiesel</p> <p>VI: Aceite de Semillas</p>	Aplicada	La población está conformada por el aceite extraído de los 18 kilos de semilla de <i>Ricinus communis</i> recolectada del distrito de la Coipa provincia de San Ignacio.	La observación El fichaje	En este presente trabajo de investigación se aplica la estadística descriptiva / Excel versión 2016. Así mismo se utiliza el IBM SPSS Statistics versión 25,
				DISEÑO		MUESTRA	

	<p>Analizar las propiedades fisicoquímico del aceite obtenido de <i>Ricinus communis</i>.</p> <p>Evaluar las propiedades fisicoquímico del biodiesel obtenido de <i>Ricinus communis</i>.</p> <p>Comparar la eficiencia del biodiesel de <i>Ricinus communis</i> y diésel de petróleo.</p>	<p>combustible alternativo producido a partir del aceite de semillas de <i>Ricinus communis</i> no es alta</p>	<p>de <i>Ricinus communis</i></p>	<p>Cuasi - experimental</p>	<p>La muestra está compuesta por un total de 5 litros de aceite extraído de las semillas de <i>Ricinus communis</i>.</p>	<p>Molino manual Balanza analítica Cocina de mesa Embudo de decantación Calentador Test de jarras Termómetro pH-metro Densímetro Viscosímetro Refractómetro</p>	<p>donde se interpreta cada resultado obtenido de los diferentes tratamientos.</p>
--	--	--	-----------------------------------	-----------------------------	--	---	--



Figura 10: Recolección de semilla



Figura 11: Recolección de semilla



Figura 12: Limpieza de semilla



Figura 13: Descascarado de semilla



Figura 14: Trituración de semilla



Figura 15: Masa de semilla



Figura 16: Cocción



Figura 17: Cocción



Figura 18: Separación de residuos



Figura 19: Cocción



Figura 20: Filtración de aceite



Figura 21: Filtración de aceite



Figura 22: Índice de refracción del aceite



Figura 23: Densidad del aceite



Figura 24: pH del aceite

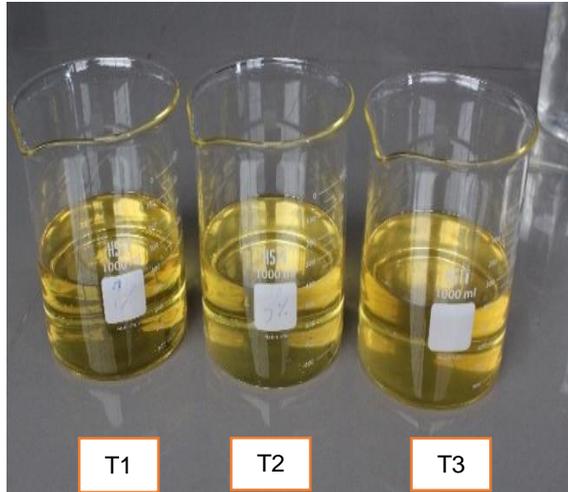


Figura 25: Aceite de *Ricinus communis*



Figura 26: solución de alcohol/NaOH



Figura 27: Calentamiento de aceite

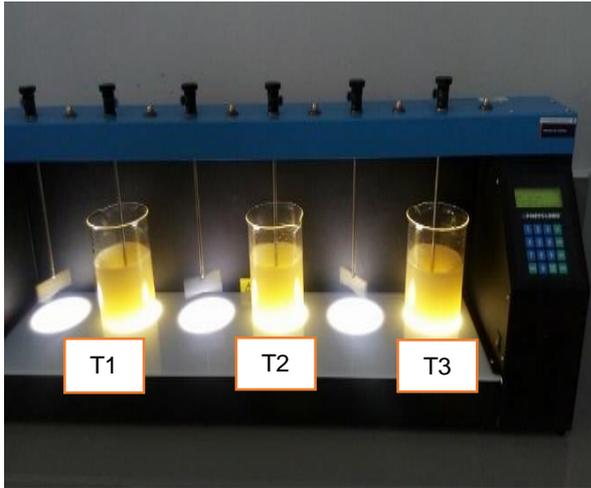


Figura 28: Prueba de jarras

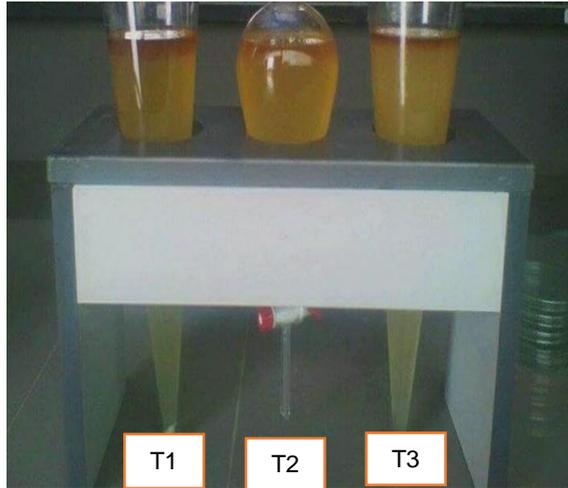


Figura 29: Decantación de biodiesel



Figura 30: Lavado de biodiesel

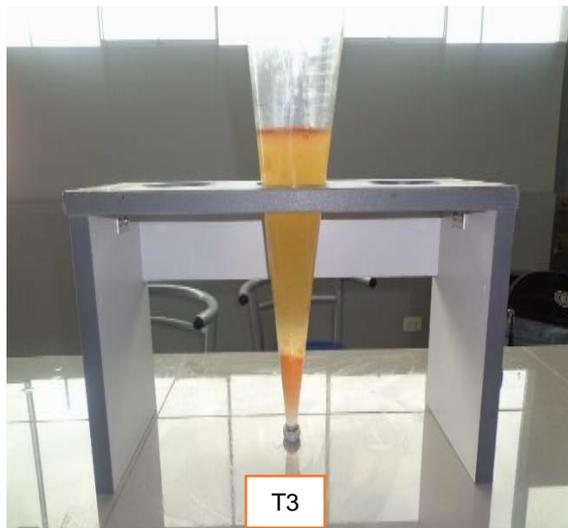


Figura 31: Lavado de biodiesel

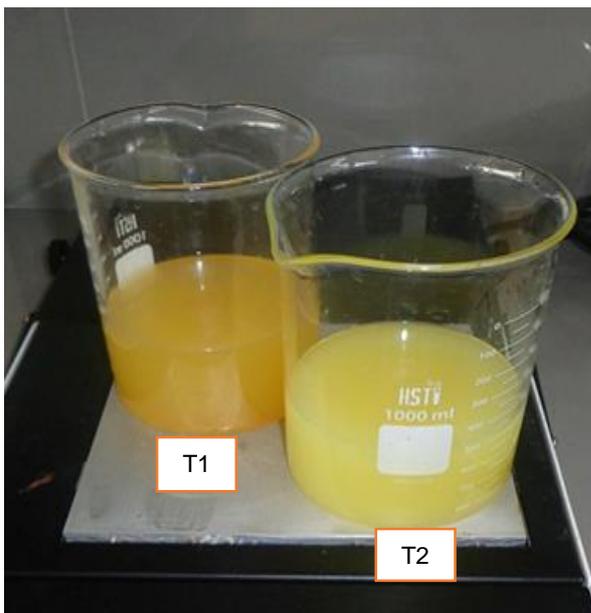


Figura 32: Secado del biodiesel

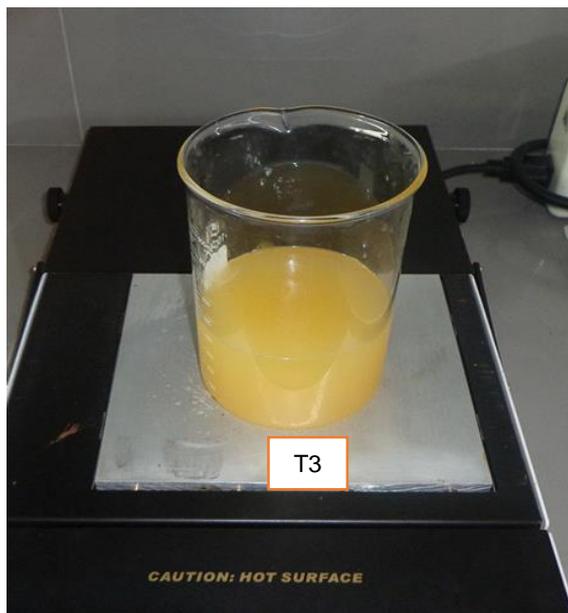


Figura 33: Secado del biodiesel



Figura 34: Prueba de jarras

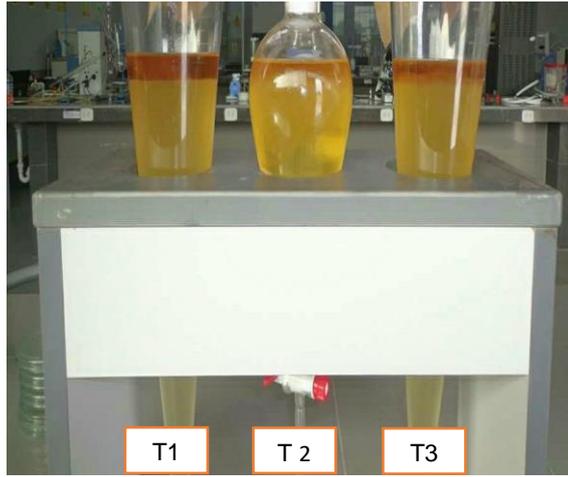


Figura 35: Decantación



Figura 36: Lavado de biodiesel

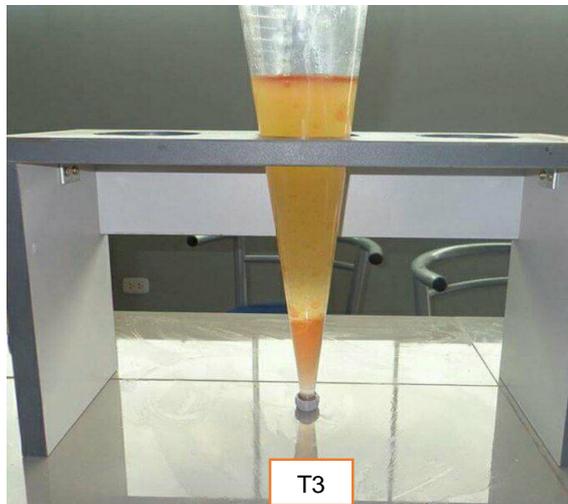


Figura 37: Lavado de biodiesel

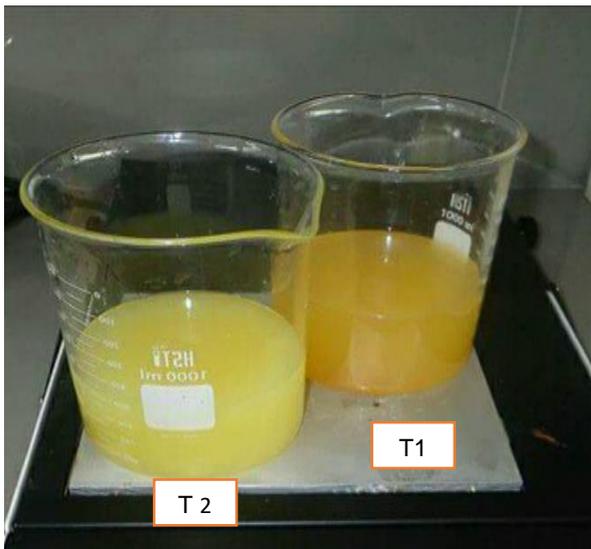


Figura 38: secado de biodiesel

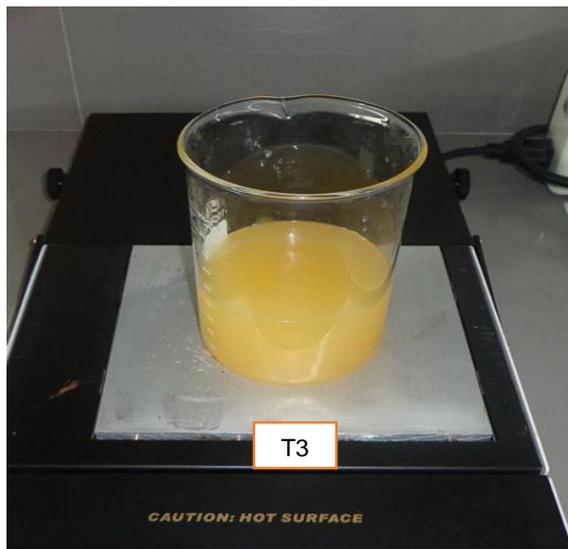


Figura 39: secado de biodiesel



Figura 40: calentamiento de aceite



Figura 41: Lavado de biodiesel



Figura 42: Lavado de biodiesel

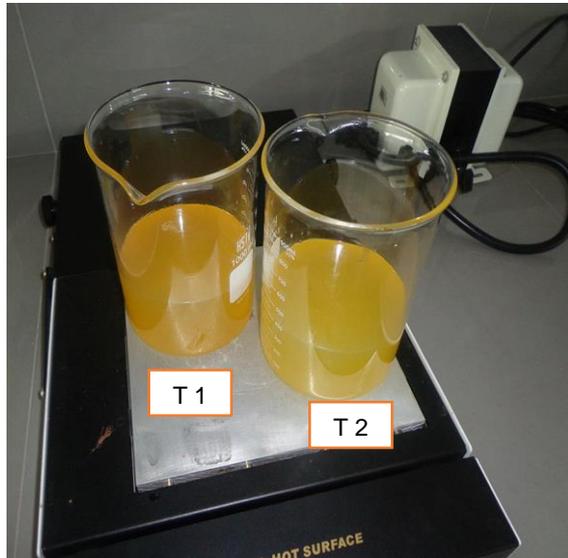


Figura 43: Secado de biodiesel

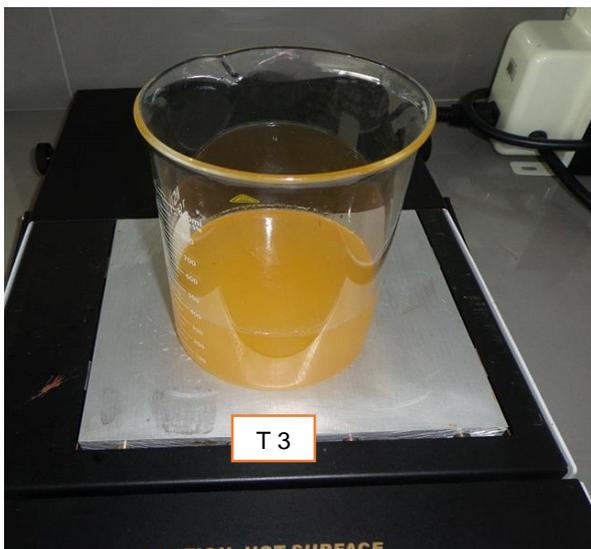


Figura 44: Secado de biodiesel



Figura 45: Índice de refracción



Figura 46: Índice de refracción



Figura 47: Índice de refracción

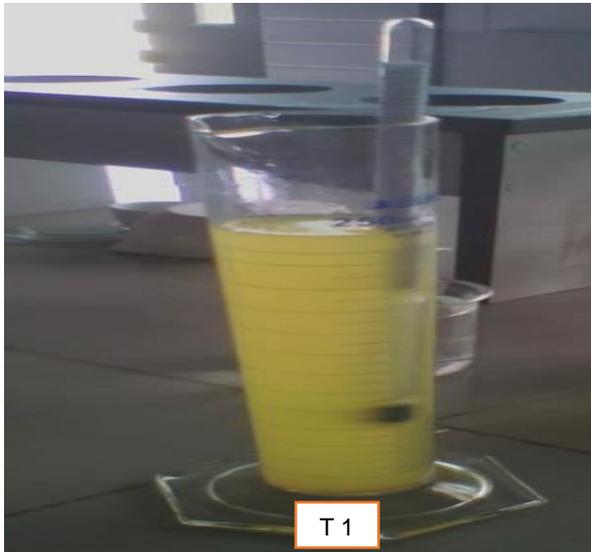


Figura 48: Densidad

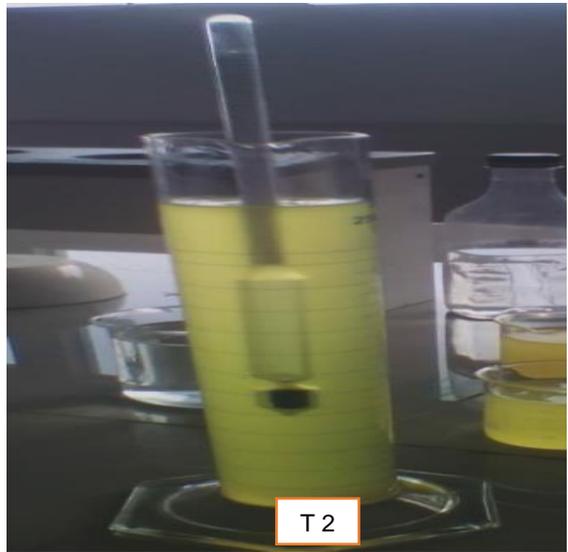


Figura 49: Densidad



Figura 50: Densidad

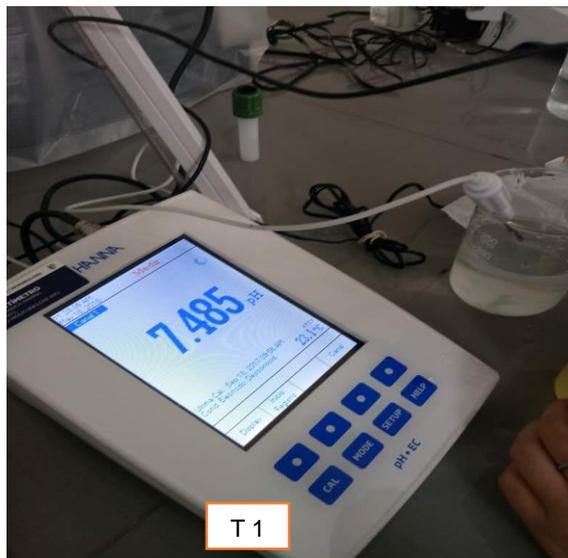


Figura 51: pH



T 2

Figura 52:pH



T 3

Figura 53:pH



Figura 54:Prueba en motor

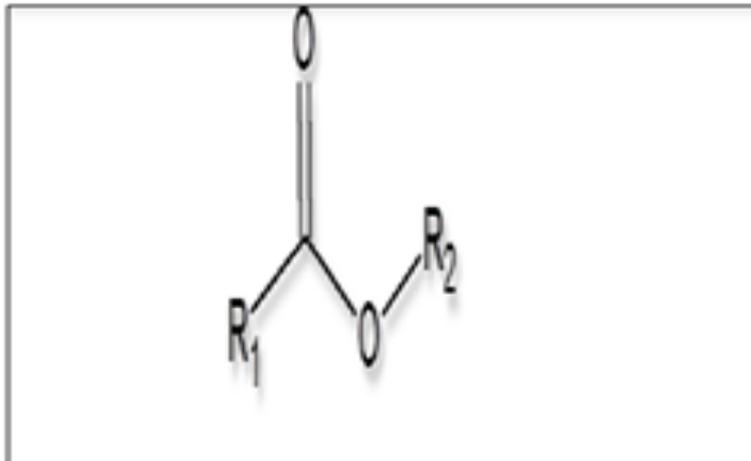


Figura 55:Biodiesel a probar

Tabla 35: Especificaciones Técnicas del Biodiesel

Propiedad	Norma	Norma	Unidades	Limites
Densidad	Estados unidos =ASTM D1298	Internacional = DINISO 365	g/cm ³	0.86 – 0.90

Fuente: Normativas ASTM y DIN/ISO



R₁: Hidrocarburos de cadena larga; llamados cadenas de ácidos grasos.

R₂: Hidrocarburos de cadena corta; provenientes del alcohol empleado en la reacción de transesterificación.

Figura 56: Estructura química biodiesel

ÁCIDOS GRASOS	%
Ricinoleico	87
Oleico	7.4
Linoleico	3.1
Palmítico	1
Dihidroxiesteárico	0.6
Esteárico	0.3
Eicosanoico	0.3
Linolénico	0.3

Figura 57: Composición de la semilla de higuera

Fuente: RAMÍREZ (2008)

Validación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS: Físicoquímico

USUARIO: Wilmer Ramírez Lizana

MUESTRA: 01

TIPO DE MUESTRA: Aceite de *Ricinus communis*

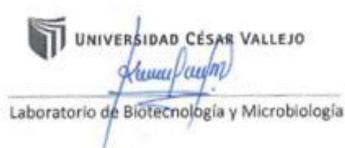
FECHA DE EMISIÓN: 02 de Mayo del 2018

RESULTADOS:

MUESTRA: 01 – Aceite

MUESTRA 01			
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	EQUIPO
POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)	pH	5.8	PH-metro a 23.9°C
ÍNDICE DE REFRACCIÓN	° BRIX	13	Refractómetro de mesa a 24.2°C
TEMPERATURA	°C	23.9	Termómetro
VISCOSIDAD	cp	107.3	Viscosímetro a 22.6°C
DENSIDAD	g/cm ³	0.92	Densímetro

Nota: la muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.





TIPO DE ANÁLISIS: fisicoquímico

USUARIO: Wilmer Ramírez Lizana

MUESTRA: 03

TIPO DE MUESTRA: Biodiesel de *Ricinus communis*

FECHA DE EMISIÓN: 25 de Mayo del 2018

RESULTADOS:

MUESTRA 01			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	EQUIPO
POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)	pH	7.92 - 23.3 °C	PH-metro
		7.98 - 23.2 °C	
		7.48 - 23.1 °C	
ÍNDICE DE REFRACCIÓN	° BRIX	71.7 - 23.1 °C	Refractómetro de mesa
		70.8 - 22.8°C	
		70.4 - 22.4°C	
VISCOSIDAD	cp	81.5 - 22.7°C	Viscosímetro
		93 - 22.5°C	
DENSIDAD	g/cm ³	0.89	Densímetro
		0.9	
		0.89	

MUESTRA 02			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	EQUIPO
POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)	pH	8.26 - 23.1°C	PH-metro
		8.27 - 23.1 °C	
		8.49 - 23.1 °C	
ÍNDICE DE REFRACCIÓN	° BRIX	70.8 - 22.8°C	Refractómetro de mesa
		70.7 - 22.4°C	
		71.7 - 23.1°C	
VISCOSIDAD	cp	105 - 22.6°C	Viscosímetro
		103.7 - 22.5°C	
DENSIDAD	g/cm ³	0.92	Densímetro
		0.94	
		0.91	

MUESTRA 03			
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	EQUIPO
POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)	pH	7.91 - 23.2°C	PH-metro
		7.94 - 23.1°C	
		7.57 - 23.1°C	
ÍNDICE DE REFRACCIÓN	° BRIX	70.7 - 22.4°C	Refractómetro de mesa
		71.3 - 22.3°C	
		70.6 - 22.4°C	
VISCOSIDAD	cp	63.6 - 22.9°C	Viscosímetro
		74 - 22.6°C	
DENSIDAD	g/cm3	0.89	Densímetro
		0.88	
		0.9	

Nota: la muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.



Acta de aprobación de originalidad de tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACION DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F04-PP-PR-02 02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, Herry Lloclla Gonzales
....., docente de la Facultad de ingeniería y Escuela Profesional de ingeniería ambiental de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada "Eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de Ricinus communis (higuerilla) como combustible alternativo, Chiclayo", del (de la) estudiante Wilmer Ramirez Lizana, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 8 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Pinoytel, 17 julio 2018



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 16265432

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

Reporte de originalidad de tesis

EFICIENCIA DEL BIODISEL DEL ACEITE DE SEMILLA DE RECINUS COMMUNIS (HIGUERILLA) COMO COMBUSTIBLE ALTERNATIVO, CHICLAYO

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE
INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.utp.edu.co

Fuente de Internet

1%

2

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

1%

5

comalfi.com.co

Fuente de Internet

<1%

6

www.dspace.espol.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

7

www.scielo.org.co

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Rafael Landívar

Trabajo del estudiante

<1%



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

EP de Ingeniería Ambiental

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Wilmer Ramírez Lizona

INFORME TITULADO:

Eficiencia del biodiesel de semillas de Ricinus Communis Chiguarillas como combustible alternativo, Chiclayo

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 25 de Enero del 2019

NOTA O MENCIÓN: Aprobado por unanimidad



[Firma]
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN