



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Comparación del efecto contaminante de la combustión del biodiésel de *Ricinus communis*  
y diésel comercial en la ciudad de Chiclayo

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Jorge Euler, Mego Pérez (ORCID: 0000-0003-1386-6287)

**ASESORES:**

Dr. Cesar Augusto, Monteza Arbulú (ORCID: 0000-0003-2052-6707)

Dra. Bertha Magdalena, Gallo Gallo (ORCID: 0000-0001-8271-9593)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**CHICLAYO – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

A DIOS que me ha permitido lograr mis objetivos. A MI MADRE y su amor incondicional, que me brinda día a día y su apoyo que siempre me ha brindado para poder alcanzar mis objetivos trazados. A MI PADRE por formarme con valores y siempre guiarme para enfrentar al mundo con coraje y decisión, por apoyarme firmemente para lograr mis objetivos.

*Jorge Euler.*

## **Agradecimiento**

En primer lugar, quiero dar gracias a **DIOS** por permitirme tener un año más de vida, y por cuidarme siempre en circunstancias difíciles que se me presentan.

En segundo lugar, agradecer a **MIS PADRES**, por el apoyo incondicional que siempre me brindan y luchan por darme siempre lo mejor, especialmente por sus buenos consejos y valores que me inculcan día a día para formarme como persona útil a la sociedad.

En tercer lugar, es preciso destacar el apoyo de **MIS DOCENTES:** como lo es el Ing. Monteza Arbulú, Cesar Augusto y la Ing. Gallo Gallo Bertha Magdalena por la excelente asesoría que me brindaron para hacer realidad mi tesis.

*Jorge Euler.*

## **Página del jurado**

## Declaratoria de autenticidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DE AUTORAS

Yo, Jorge Euler Mego Pérez, alumno de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo (filial Chiclayo), declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado "Comparación del efecto contaminante de la combustión del biodiésel de *Ricinus communis* y diésel comercial en la ciudad de Chiclayo", son:

1. De mi autoría.
2. El presente Trabajo de Investigación / Tesis no ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
3. El Trabajo de Investigación / Tesis no ha sido publicado ni presentado anteriormente.
4. Los resultados presentados en el presente Trabajo de Investigación / Tesis son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 25 de agosto de 2020

Mego Pérez Jorge Euler

DNI: 73621525

## Índice

	Pág.
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice.....	vi
Índice de Tablas .....	vii
Índice de figuras .....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>9</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	9
2.2. Variables, operacionalización .....	9
2.3. Población y muestra. ....	9
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad. ....	9
2.5. Validación y confiabilidad del instrumento .....	10
2.6. Métodos de análisis de datos.....	13
2.7. Aspectos éticos.....	13
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>14</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>24</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>25</b>
REFERENCIAS .....	26
ANEXOS.....	32
Anexo 01. Matriz de consistencia .....	32
Anexo 02. Operacionalización de variables .....	33
Anexo 03. Galería de fotos.....	35
Anexo 04. Resultados .....	37
Anexo 05. Acta de Aprobación de originalidad de tesis .....	40
Anexo 06. Reporte Turnitin .....	41
Anexo 07. Autorización de Publicación de tesis en el Repositorio Institucional UCV .....	42
Anexo 08. Autorización de la version final del Trabajo de Investigación .....	43

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Insumos y proporciones para la elaboracion de Biodiésel. ....	10
<b>Tabla 2.</b> LMP de CO.....	21
<b>Tabla 3.</b> LMP de NOx .....	21

## Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Rendimiento de biodiésel.....	14
<i>Figura 2.</i> Combustión de CO.....	15
<i>Figura 3.</i> Emisiones de CO <sub>2</sub> .....	16
<i>Figura 4.</i> Emisiones de NO <sub>x</sub> .....	16
<i>Figura 5.</i> Emisiones de NO.....	17
<i>Figura 6.</i> Emisión de CO .....	18
<i>Figura 7.</i> Emisión de CO <sub>2</sub> .....	19
<i>Figura 8.</i> Emisiones de NO <sub>x</sub> .....	19
<i>Figura 9.</i> Emisiones de NO.....	20

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo Comparar el efecto contaminante de la combustión del biodiésel de *Ricinus communis* (Rc) y diésel comercial. El Biodiésel es un combustible renovable que se produce a través de un proceso químico llamado transesterificación, donde se combina el aceite orgánico de Higuierilla con el metanol. La investigación es de tipo experimental, y la muestra está conformada por los gases provenientes de las emisiones de diésel comercial y biodiésel de (Rc). Las concentraciones fueron analizadas con el KIGAZ 110 que detecta CO y CO<sub>2</sub> y TESTO 340 que detecta NO, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>, usando diésel y biodiésel con concentraciones de B-10, B-15, B-20. Estos se combustionaron en un motor estacionario, las mediciones se realizaron al arranque del motor, luego a los 20', 40' y 60'. Los mejores resultados se obtuvieron con B-15 y fueron CO en arranque 90 ppm, en 20' 20 ppm, en 40' 31.67 ppm y en 60' 15.33. En CO<sub>2</sub>, en arranque 0 %, en 20' 0 %, en 40' 0% y en 60' 0.033 %. En NO<sub>x</sub> en arranque 1.33, en 20' 1 ppm, en 40' y en una hora no emiten NO<sub>x</sub>. En NO, en arranque 2.33 ppm, en 20' 1 ppm, en 40' 0.33 ppm y en una hora 1ppm. Se llegó a concluir que el efecto de los contaminantes de la combustión del biodiésel de (Rc) y diésel comercial reduce con la concentración de 85 % de diésel y 15 % de biodiésel B-15.

**Palabras clave:** Biodiésel, diésel comercial, transesterificación, *Ricinus communis*

## ABSTRACT

The following research aimed to compare the polluting effect of the combustion of biodiesel from *Ricinus communis* (Rc) and commercial diesel. Biodiesel is a renewable fuel that is produced through a chemical process called Trans esterification, where organic Higuierilla oil is combined with methanol. This research is experimental, and the sample is made up of gases from commercial diesel and biodiesel emissions (Rc). The concentrations were analyzed with the KIGAZ 110 that detects CO and CO<sub>2</sub> and TESTO 340 that detects NO, NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub>, using diesel and biodiesel with concentrations of B-10, B-15. B-20. These were combusted in a stationary engine; measurements were made at engine start, then at 20', 40' and 60'. The best results were obtained with B-15 and were CO at start 90ppm, at 20' 20ppm, at 40' 31.67 ppm and at 60' 15.33. In CO<sub>2</sub>, at start up 0%, at 20' 0%, at 40' 0% and at 60' 0.033%. At start-up NO<sub>x</sub> 1.33, at 20' 1 ppm, at 40' and one hour they do not emit NO<sub>x</sub>. In NO, 2.33 ppm at start-up, at 20' 1 ppm, at 40' 0.33 ppm and 1ppm in one hour.

It was concluded that the effect of pollutants from the combustion of biodiesel from (Rc) and commercial diesel reduces with the concentration of 85% diesel and 15% biodiesel B-15.

**Keywords:** Biodiesel, commercial diesel, Trans esterification, *Ricinus communis*

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación de aire en el mundo ha ido creciendo según las estimaciones unos 6,5 millones de víctimas fueron conexas con la contaminación del aire tanto de interiores como de exteriores, concluye que los gases que originan los tubos de escape de los automóviles diésel pueden generar cáncer en los seres humanos estos gases pertenecen a la categoría de productos potencialmente letales como asbesto, arsénico y gas mostaza (OMS, 2012).

La utilización indiscriminada de combustibles fósiles nos ha conllevado a los escasos de las reservas naturales y conservación de combustible mundial. En Londres se presenta contaminación por el aumento de vehículos, ya que mucho de ellos utiliza los combustibles tradicionales derivados del petróleo, investigaciones realizadas manifiestan que la población de Londres perjudica a los habitantes más frágiles, esto debido a un aire completamente descompuesto provocado por los vehículos individuales (Rafa, 2019).

Chile tiene la obligación de minimizar de forma significativa y radical las emisiones de carbono negro que generan los vehículos diésel y la combustión residencial a leña. El carbono negro está derritiendo en forma muy acelerada nuestros glaciares de los hielos antárticos. Este país genera bastantes emisiones de carbono negro, especialmente en otoño e invierno, en las distintas zonas urbanas e industriales (Lagos, 2019).

En el Perú se presenta un panorama bastante complicado, la utilización de los combustibles genera un alto índice de contaminación ambiental. Por esto se debe de empezar a optar por nuevas opciones para la elaboración de combustibles eco amigables que reduzcan las emisiones. En Lima y Callao, regiones que reúnen el 66% de todos los vehículos del país, los principales responsables de la contaminación del aire son el estado antiguo del parque automotor y la calidad defectuosa de los combustibles que causan el 70 % de la contaminación del aire (MINAM, 2018).

Los principales problemas ambientales que se encuentra en la provincia de Chiclayo, es la producción de monóxido de carbono y dióxido de carbono, esto debido que la población ha ido creciendo considerablemente en los últimos años. El creciente parque automotor responsable de la contaminación.

Existen diferentes investigaciones que hacen referencia a esta problemática, según Godoy (2018), en su tesis “Análisis de emisiones de gases de escape en un motor diésel con inyección UPS utilizando biodiesel B5 a base de aceite de higuera”. Tuvo como objetivo evaluarla opacidad de los gases escape en un motor estacionario diésel con sistema de inyección UPS usando el biodiésel B5 a base de aceite de higuera. Los resultados que se obtuvieron fueron que analizando el efecto que causa la altitud en la opacidad de los gases de escape, en donde se logró obtener a través del uso del biodiésel B5 una disminución de opacidad promedio del 42.95 % con relación al diésel convencional, luego los resultados logrados fueron cotejados con la normativa de control de emisiones ecuatoriana y una internacional (mexicana), en las cuales se cumplieron los requisitos de control con eficiencia. Se llegó a concluir que se puede evidenciar y constatar que el biodiésel ayuda a minimizar la opacidad de los gases contaminantes con relación al combustible común, además este biodiésel elaborado ayuda a conservar la naturaleza ya que no genera altos índices de contaminación.

De igual manera Mangad, Mohon y Wang (2018), en su investigación titulada “Mejora en las propiedades de flujo en frío del biodiésel y sus efectos sobre el rendimiento del motor diésel y las emisiones”. Tenía como finalidad realizar un análisis experimental para probar la viabilidad del biodiésel en las regiones que experimentan condiciones climáticas frías adversas. El biodiésel fue elaborado con aceite de canola por transesterificación y procesos de fraccionamiento, Se encontró que el biodiésel fraccionado y las mezclas de sinergias fueron eficaces para reducir emisiones de CO, HC y humo; sin embargo, todas las mezclas de biodiésel aumentaron la emisión de NOx. Resultados de la investigación indicó que el biodiésel fraccionado con un 2% en volumen de sinergia tenía mejor rendimiento del motor y menores emisiones en comparación con el combustible diésel y las mezclas normales de biodiésel.

De la misma manera Hanifzadeh, Kim y Kumar (2018), en su investigación titulada “Tendencia de la materia prima de biodiésel y su impacto en características de emisión de biodiésel”. En este artículo revisaron la materia prima para la elaboración de biodiésel ha cambiado con el tiempo y varía según las regiones. En donde toma Informes, revistas y artículos sobre recursos de biodiesel en la última década de 2006 a 2016 en donde la creciente diversidad en insumos de materias primas para el biodiésel. Se obtuvieron todos los resultados de emisión de las mismas condiciones del motor o similares para comparar

bastante ellos. Se comparan las emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y PM entre los biodiésel derivados del aceite de soja, el aceite de colza, aceite de palma, aceite de jatropha, aceite de cocina usado, grasas animales y aceite de algas. Se encontró que se necesitan más estudios de emisión para biodiésel de algas. Se necesitan estudios más profundos para características de PM incluyendo las composiciones de metales traza, carbón elemental y orgánico.

Nikolic, et al (2018), en su investigación titulada “Efecto del biodiésel en las emisiones de motores diésel”. En términos generales, el uso de biodiésel (y sus mezclas) reduce la toxicidad total de gases de escape en comparación con el combustible diésel, que es un importante potencial ecológico el biodiésel como combustible para motores diésel. Sin embargo, existe una dispersión en los resultados de investigación obtenidos, que es la consecuencia de varios factores. Elaboración de biodiésel a partir de diferentes insumos y biodiésel tecnológico diferente, los procesos de producción pueden dar lugar a diferentes características físicas y químicas individuales de combustible (aunque cumple con las normas reglamentarias). Los estándares regulatorios para el biodiésel son diferentes en el mundo. Esto puede llevar a diferentes conclusiones incluso para el mismo motor cuando se utiliza biodiésel de diferentes materias primas o en diferentes partes del mundo o los climas.

Harirama, et al (2018). En su investigación titulada “Producción de biodiésel de *Eucalyptus tereticornis* y su efecto en combustión, rendimiento y características de emisión de los motores CI”. En este trabajo de investigación, el bio-aceite de *Eucalyptus tereticornis* se extrae mediante un proceso de destilación al vapor, el efecto del bio-aceite esterificado se analiza en un motor de encendido por compresión de un solo cilindro. El biodiésel se prepara mediante un proceso de transesterificación con metanol y NaOH como catalizador bajo parámetros variables. A partir del estudio de combustión, la tasa neta de liberación de calor para el biodiésel es comparable al del combustible diésel en condiciones de carga máxima y la presión del cilindro para el biodiésel y sus mezclas es ligeramente inferior al del diésel combustible a toda carga del motor. Las emisiones de CO y HC tienen reducido para el combustible biodiésel en comparación con el de combustible diésel a las mismas cargas, se concluye que el biodiésel de eucalipto y su mezcla con diésel podrían reemplazar el combustible diésel.

El cultivo de *Ricinus communis* para su crecimiento requiere condiciones ambientales citando a Portillo, Rodríguez, Gómez, & Pérez (2017) menciona las siguientes necesidades que tiene la higuera para poseer un buen desarrollo:

Altitud: 0-1800 msnm

Radiación: Se adapta mejor a los días soleados

Temperatura: De 15-35°C

Precipitación: Se necesita un mínimo aproximado de 400 a 800 mm anual

Humedad: Crece con facilidad en atmósferas de humedad relativa baja

pH: 7.7.

Textura: Franco arenoso

Salinidad: Es totalmente tolerante a la salinidad

Este cultivo está presente en diferentes pisos ecológicos, su gran rusticidad y resistencia a épocas de sequía. Las plantaciones de *Ricinus communis* en el mundo es aproximadamente de 1.1 millones de hectáreas, siendo los tres países más importantes en producción China, India y Brasil. En países como Chile, Colombia, México, Perú y Ecuador, empieza a aprovecharse la condición de suelos marginales y aptos para el sembrío de este vegetal (FINKEROS, 2012).

La higuera es una oleaginosa cuyo aceite se obtiene de las semillas y se usa en diversas ramas de la industria, el desarrollo de este vegetal se adapta a áreas tropicales y subtropicales semiáridas con baja precipitación pluvial con un ciclo de madures de 120 a 210 días (Portillo et al 2017, p.14).

La higuera es la materia prima para la fabricación de aceite de ricino o aceite de castor. Estos cultivos son atractivos en la producción de biocombustibles, porque su aceite es considerado el mejor en la producción de biodiesel, al ser considerado como el único soluble en alcohol y no requerir de calor para la transformación de aceite vegetal a combustible (FINKEROS, 2012).

El Biodiésel es un combustible renovable que es procedente de aceites y grasas de origen vegetal o animal, el prefijo bio hace mención a su naturaleza renovable y biológica en contraste con el combustible. Este biocombustible se produce a través de un proceso químico llamado transesterificación, en el cual el aceite orgánico es combinado con un alcohol (Castro, 2007, p.40).

Para lograr una óptima temperatura en producción de biodiésel se realiza utilizando catalizador (Bradley, Wai, Lee y Chan. 2019, p.23). Como señala He, Hehong y Feng (2019), es importante determinar la concentración de etanol para obtener máximo rendimiento del biodiésel ya que este actúa como sustrato y medio de reacción (p.8)

Según estudios del Estado de México (2009), el biodiésel elaborado de los diferentes aceites ya sea de animales o vegetales ofrece numerosas posibilidades de combinación para la elaboración de biocombustibles son: B20, simboliza una mezcla del 20% de biodiésel y el 80% de diésel normal, el B100 es un producto 100% ecológico con altas disminuciones de emisiones perjudiciales a la atmósfera (p.9).

Por su parte Muños, Sandoval y Rodríguez (2017), a medida que se le agrega mayor cantidad de biodiésel a la mezcla el poder calorífico de esta disminuye, pero la viscosidad y la densidad aumentan; esto ocurre porque el biodiésel contiene menor poder calorífico pero mayor viscosidad y densidad (p.12)

De acuerdo con Emond (1994), el biodiésel en un 20% de mezcla con diésel de petróleo, con un convertidor catalítico de escape, reduce emisiones de partículas 31%, monóxido de carbono 21% e hidrocarburos totales 47%, versus diésel con bajo contenido de azufre.

Patent Issued for Biodiésel Glycerol Emulsion Fuel Mixtures (2016), manifiesta, que los biodiéseles ofrecen un bajo rendimiento en climas fríos y reducen vida útil resultante de los procesos de cristalización y oxidación, respectivamente. el biodiésel puede beneficiarse de aditivos o químicos modificaciones para aumentar la vida útil del combustible.

La contaminación del ambiente y la reducción de los combustibles tradicionales son uno de los graves problemas que afectan de manera negativa a los intereses sociales, económicos y ambientales en el planeta. En el caso del biodiésel es una alternativa que presenta una solución prometedora como agentes sustentables que orientan a cambios sustanciales en los diferentes aspectos (Galván, Huelsz, Garnica, Rubio, & Gutiérrez, 2012, p.9).

En la década de 1980, el biodiésel se utilizó como fuentes de energía renovables para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el biodiésel no puede competir con el combustible derivado del petróleo debido a su Costo de producción relativamente alto. Actualmente, el precio del biodiésel es de USD 1, 220 por tonelada (Sarina, Abdul y Kheireddine, 2014. Los diferentes beneficios que puede tener la elaboración de biodiésel son varios y que dan contestaciones a diversas dificultades ambientales nocivas, por ende,

Carlstein (2005), señala: Las emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> se minimizan en un 100 %, las emisiones de CO se reducen hasta un 15-50 %. El biodiésel es 100 % amigable con la naturaleza y su toxicidad es inferior a la sal de mesa, donde se menciona que su inflamación compone un olor muy similar al de las galletas dulces.

De acuerdo con Studies from Department of Engineering Further Understanding of Fuel Research (2018), las emisiones de escape se registraron en todas las velocidades del motor. Además, la mejora de las emisiones se caracterizó por una disminución del monóxido de carbono (CO) y reducido tanto en el humo como en las emisiones de PM.

De acuerdo con Biodiesel leading way on cleaning up diesel exhaust (2011), se ha demostrado que respirar partículas es un peligro para la salud humana. Las emisiones de escape de partículas del biodiésel es aproximadamente un 47% más bajo que las emisiones del diésel.

Como expresa Berman, Paula, et (2013), El biodiésel se volvió más atractivo recientemente debido a la disminución de las reservas de petróleo y las consecuencias medioambientales de los gases de escape derivados del petróleo. En motores es simple de usar, biodegradable, no tóxico y esencialmente libre de azufre y aromáticos.

Por otra parte, Palomino, Bocanegra, López, & Flórez (2010), nos menciona que el biodiésel que se extraer de las almendras de higuera, además se puede precisar como un combustible sumamente alternativo ya que no demanda de gases contaminantes en comparación con los combustibles tradicionales, el líquido aceitoso que se descomprime de las semillas. El uso ayudara a minimizar y reducir la generación de contaminantes ya que es amigable con el ambiente debido que es 100% ecológico.

Teniendo en cuenta a Selley (2019), El biodiésel es producido a través de la transesterificación, esta reacción catalizada por bases es impulsada por la adición de alcohol a la materia prima, convirtiendo el producto principal a su éster alquílico menos viscoso. Cuando se mezcla (hasta 20% de volumen) con fósiles diésel (FD), los biodiésel pueden impulsar motores modernos de encendido por compresión eficientemente sin exigir medidas modificadas de transporte o almacenamiento (p.24).

De acuerdo con Tabio, Suarez, Pérez y Rodríguez (2019), comparo el combustible diésel, la mezcla que disminuyó la mayoría de las emisiones fueron B20, por lo que podría esperarse que con mayor los porcentajes de biodiésel se reducirían aún más; sin embargo, otros

factores deben considerarse, como: menor eficiencia de combustión, debido al aumento estresado de densidad y viscosidad en la mezcla; e incluso más alto reducción del poder calorífico, lo que llevaría a un aumento de SFC. Sin embargo, el elemento fundamental para no exceder el 20 % estaría relacionado a la durabilidad del motor (p.27).

Según Ghaderi, Naderloo, Javadikia, Mostafaei & Rabbani (2019), Utilizando mezcla de diésel con biodiésel producido a partir de palma y aceite de oliva con diferentes proporciones de 20 % y 50 % redujeron la contaminación acústica del motor diésel en comparación con el combustible diésel puro (p.2)

El diésel de petróleo es también llamado petrodiesel, o diésel fósil que se produce mediante la destilación del petróleo crudo entre 200 °C y 350 °C a presión atmosférica, lo que resulta en una mezcla de hidrocarburos de cadenas que normalmente contienen entre 8 a 21 átomos de carbono por molécula, la utilización del diésel se dio inicio en 1892 con la creación del motor. (Orellana, 2012, p.7).

En su composición química del diésel Menna (2018), nos menciona el que es un petróleo en estado líquido que está mezclado fundamentalmente por parafinas, se suele utilizar la palabra diésel para hacer referencia al gasoil. Se enlaza con Rudolf Diésel, quien creó el motor que también lleva este nombre, es por ello el nombre del motor y que funciona a base de diésel. Este agregado posee una densidad de 850 kg/m<sup>3</sup>.

Por todo lo antes ya mencionado nos formulamos la siguiente pregunta ¿Qué combustible es más contaminante en su combustión, el biodiésel de *Ricinus communis* o diésel comercial?

Por otro lado, el presente estudio es de suma relevancia porque induce a encontrar una solución al problema de la deficiente utilización de combustibles biodegradables en cuanto a la calidad de servicio que pueden ofrecer, se hace interesante abordar esta temática que guarda una relación con la carrera elegida.

Esta investigación se justifica científicamente porque permitirá contribuir con la ciencia y la tecnología al utilizar una tecnología limpia como una alternativa para la producción de biodiésel, permitiendo que este biocombustible, sea utilizado y reduzca los gases de efecto invernadero, reduciendo de manera significativa la propagación de futuras enfermedades en la salud de la población.

Con respecto al aspecto ambiental, su finalidad da conocer una alternativa de elaboración de biodiésel mediante el aceite de semillas de *Ricinus communis* (higuerilla) como combustible alternativo, donde se calcula los efectos contaminantes que genera al usarlo. En el aspecto social este estudio proporciona la medida de un problema ambiental donde el afectado es la salud de las personas por el elevado nivel de generación de emisiones contaminantes que se emite día a día por el uso de los combustibles tradicionales. Para enmendar estos problemas se ha tomado en conveniente la producción de una nueva fuente de biocombustible que consienta minimizar los impactos negativos del ambiente y así favorecer con la mejora de la calidad ambiental en la ciudad de Chiclayo.

Hipótesis:

H1: La combustión de biodiésel de *Ricinus communis* es menos contaminante que la combustión del diésel comercial.

H0: La combustión de biodiésel de *Ricinus communis* es más contaminante que la combustión de diésel comercial.

De este modo se plantea el objetivo para esta investigación:

Comparar el efecto contaminante de la combustión del biodiésel de *Ricinus communis* y diésel comercial.

Se plantea los siguientes objetivos específicos:

Elaborar biodiésel a partir del aceite de las semillas de *Ricinus communis*.

Determinar la concentración de contaminantes emitidos por las emisiones gaseosas usando diferentes concentraciones de biodiésel fraccionados con diésel comercial.

Determinar si los gases provenientes de la combustión del producto elaborado cumplen con los límites máximos permisibles para aire.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada con un diseño cuasi experimental

**Como:**

**GE O1 X C**

**O2 X C**

Dónde:

O1: biodiésel

O2: diésel

X: combustión

C: emisiones

### 2.2. Variables, operacionalización

- Variable dependiente:

Adsorción de arsénico

- Variable independiente:

pH

Velocidad de agitación

Temperatura

### 2.3. Población y muestra.

La población está constituida por las emisiones de gases del biodiésel de *Ricinus communis* y diésel comercial. Muestra. - La muestra para el estudio está conformada por los gases provenientes de las emisiones de diésel comercial y biodiésel de *Ricinus communis*. Muestreo Aleatorio simple.

### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

Técnica. - La observación. Es una técnica que radica en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier suceso o situación que se origina en la naturaleza o en la sociedad en función de unos objetivos de investigación

determinados. El fichaje. - Es una técnica que permite registrar los datos que se van obteniendo en los diferentes procedimientos.

## 2.5. Validación y confiabilidad del instrumento

Está determinado por el fabricante de los diferentes instrumentos utilizados en la investigación. Así mismo se validará en el laboratorio de biotecnología y microbiología de la universidad César Vallejo donde se ejecutará procedimientos y análisis para la elaboración y posterior combustión del biodiésel de *Ricinus Communis*.

### Fase I: Elaboración de Biodiésel a partir de Aceite de *Ricinus Communis*

Para elaborar el biodiésel nos basamos en el método de Transesterificación Citando a Sánchez y Adlercreutz (2013), la producción industrial de biodiésel todavía se realiza principalmente a través de transesterificación catalizada por bases utilizando hidróxidos de sodio o potasio con un exceso de metanol.

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 1.** *Insumos y proporciones para la elaboración de Biodiésel.*

Prueba	Cantidad de aceite <i>Ricinus communis</i> (ml)	Cantidad de metanol (ml)	Cantidad de Na OH (g)	Agitación (rpm)	Repeticiones	Tiempo (min)
T 1	500	120	2	300	3	25
T 2	500	130	2.5	300	3	30
T 3	500	140	3	300	3	35

Para elaborar biodiésel nos fijamos en la método de Sánchez y Adlercreutz (2013), Paso N°1 se calienta 500 ml de aceite de cada tratamiento a 80 °c, durante de 30 minutos y luego de esto se le agrega la solución de metanol (120,130 y 140 ml) e NaOH (2, 2.5 y 3 g) agitación constante de 300 rpm para que la reacción sea completa y homogénea ; con tiempos de 20,25 y 30 minutos con 3 repeticiones luego se dejó reposar la mezcla en un embudo de decantación por 24 horas donde se separan las dos fases formadas, que pertenece al biodiesel y la otra a la glicerina formada y restos de residuo. Luego se realiza el lavado del biodiesel,

añadiendo un aproximado de 10 ml de agua, se deja reposar en los embudos de separación. Para determinar el rendimiento del biodiésel se utilizó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Masa de bioiesel obtenido}}{\text{Masa de aceite empleado}} * 100$$

Para medir la Concentración de contaminantes emitidos por las emisiones gaseosas usando diferentes concentraciones de biodiésel fraccionados con diésel comercial. Se usó un motor Diésel estacionario de 24HP/2200 RPM, marca JIANGHUAI de fabricación china 2014. Se realizaron 4 muestras de 1 litro con mezclas de diésel comercial y 10% de biodiésel (B-10), la siguiente con una concentración de 85% de diésel comercial y 15% de biodiésel (B-15), y finalmente una concentración de 20% de biodiésel (B-20). Los equipos para la detección de gases fueron los siguientes: KIGAZ 110: sirve para medir CO, CO<sub>2</sub> y TESTO 340: sirve para medir CO, NO<sub>x</sub>, NO, SO<sub>2</sub>.

Los datos obtenidos de la medición se procesaron siguiendo los siguientes pasos.

Se tuvo que determinar que gases de combustión se iban a medir y se eligieron el CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, NO Y SO<sub>2</sub> que coincidentemente eran los gases de mayor medición por trabajos anteriores de medición.

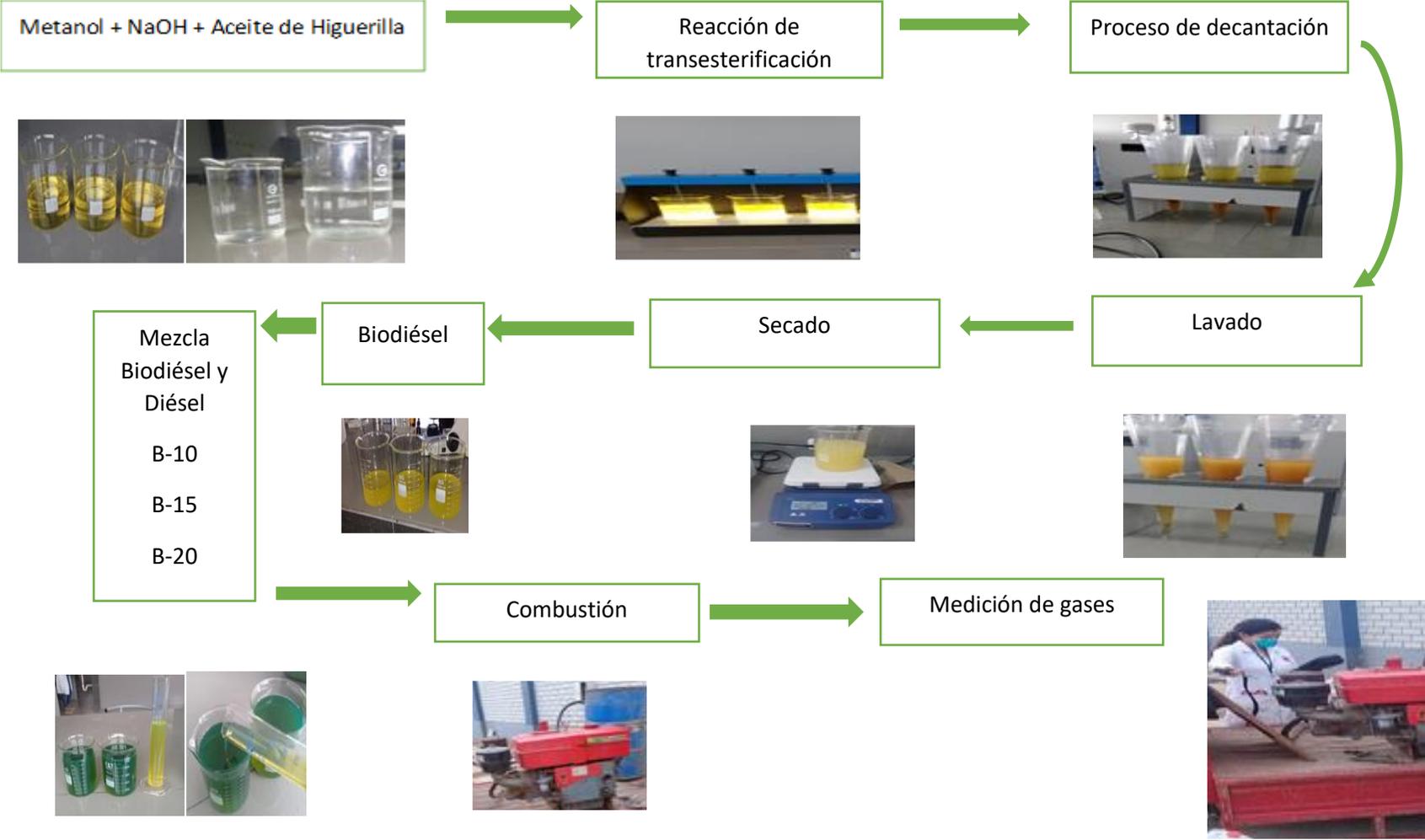
Se elaboró un cuadro de recolección de datos

El tiempo de medición se realizó en base a una hora y las mediciones se dividieron en 5 grupos (Arranque, 20 min, 40 min y 60 min de funcionamiento).

Finalmente, se registró los resultados obtenidos para poder realizar luego el análisis de los datos.

Para determinar las cantidades fraccionadas de biodiésel de *Ricinus communis* se convirtió de ppm a g/mi de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno, estos gases son los que exige La Resolución Ministerial N° 232-2012-MINAM, Anexo 1. Alternativa 2. Teniendo en cuenta el año de fabricación y tipo de motor.

Flujograma de procedimiento para la elaboración y combustión de biodiésel.



## **2.6. Métodos de análisis de datos**

Después de haber aplicado los diferentes procedimientos para elaboración y combustión del biodiésel, se llevó a cabo el procesamiento de los datos obtenidos mediante una herramienta estadística como el SPSS versión 22 y el Microsoft Excel, cuyo procesamiento se mostró en figuras o tablas.

## **2.7. Aspectos éticos**

La investigación se ha elaborado con autenticidad, respetando las normas establecidas por la Universidad César Vallejo y el uso adecuado de las normas internacionales APA e ISO. La elaboración de la investigación es original y auténtica, debido que es elaborada por el propio investigador, cumpliendo con todos los reglamentos y estándares vigentes

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Elaboración de biodiésel a partir del aceite de las semillas de *Ricinus communis*

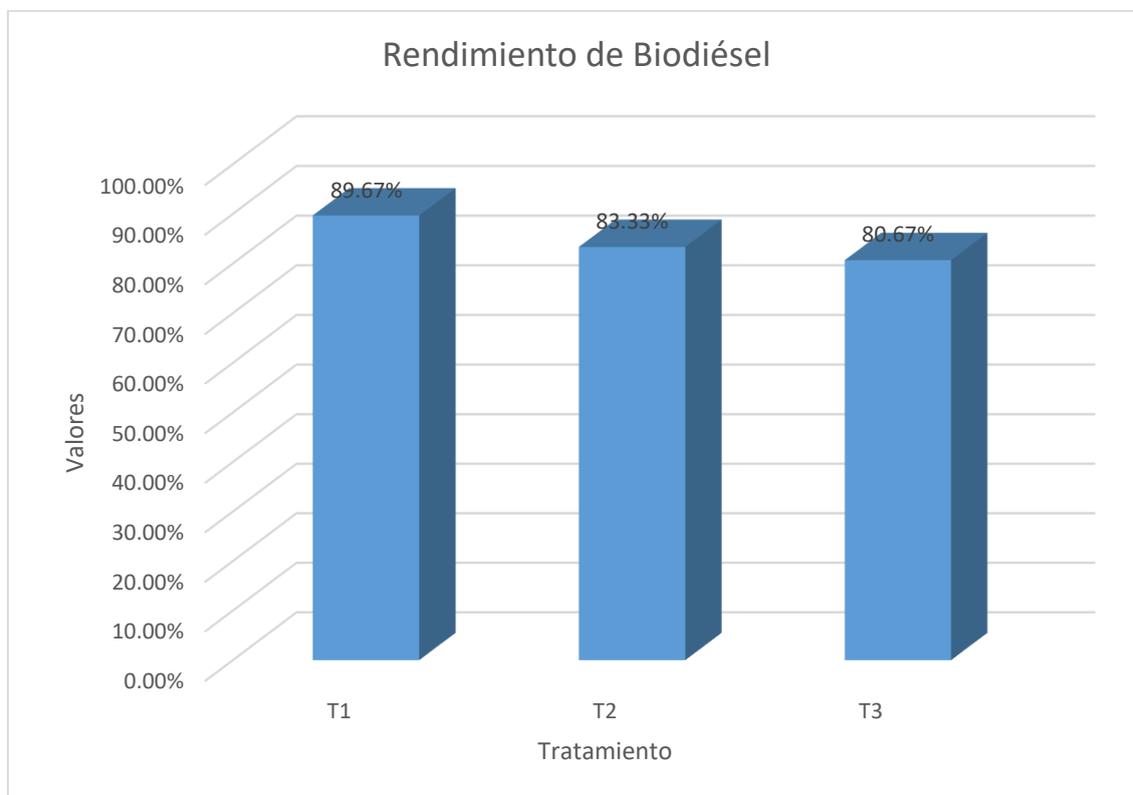
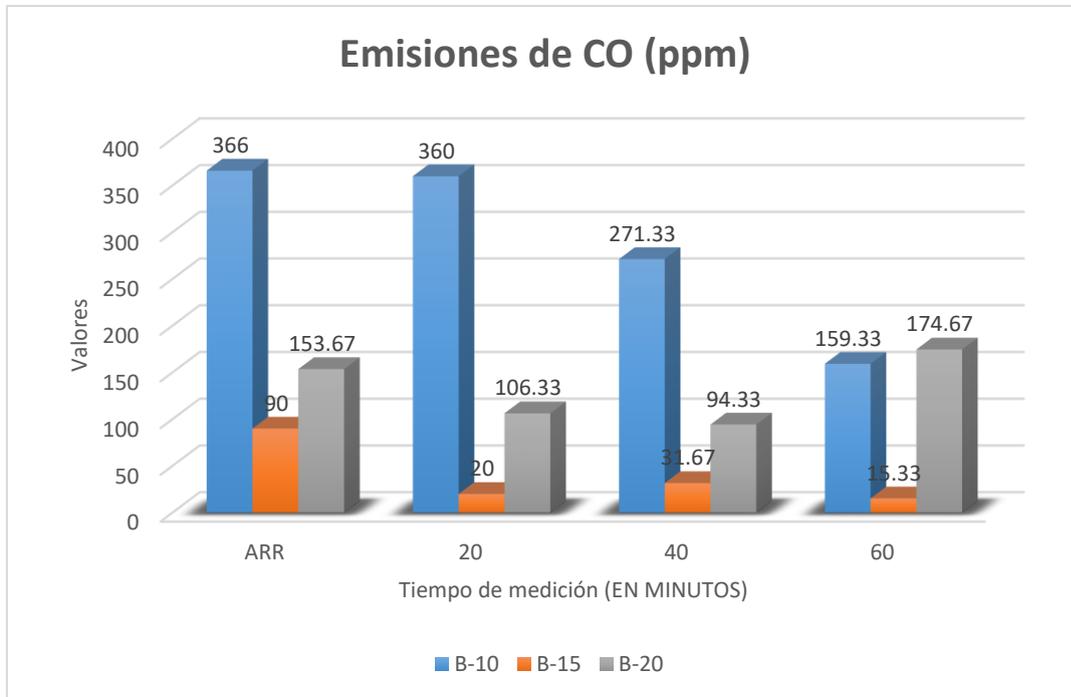


Figura 1. Rendimiento de biodiésel

En la figura se muestra el promedio de rendimiento de los 3 tratamientos de biodiésel obtenido a partir del aceite de las semillas de *Ricinus communis* que fueron (T1: 89,65%, T2: 83,33% y T3: 80,67%), destacando que el primer tratamiento es más eficiente por su alto nivel de rendimiento. Afirmándose que para la elaboración de este biodiésel se debe de usar 500 ml de aceite de *Ricinus communis*, 120 ml de metanol, 2 gramos de NaOH, con una agitación de 300 rpm durante 25 minutos.

**3.2. Determinar la concentración de contaminantes emitidos por las emisiones gaseosas usando diferentes concentraciones de biodiésel fraccionados con diésel comercial.**



*Figura 2. Combustión de CO*

En la figura se observa que en B-15 en ARR emite 90 ppm de CO, 20 minutos fue 20 ppm de CO, 40 minutos 31,67 ppm de CO y en 60 minutos fue 15,33 ppm de CO, obteniendo las concentraciones más bajas en comparación con las otras mezclas.

Con respecto a dióxido de azufre todas las combinaciones tanto de biodiésel con diésel dan como resultado 0, afirmándose que no hay contaminación por dióxido de azufre, por ende, el biodiésel es totalmente libre en su contenido de azufre, siendo un combustible eco amigable para el ambiente.

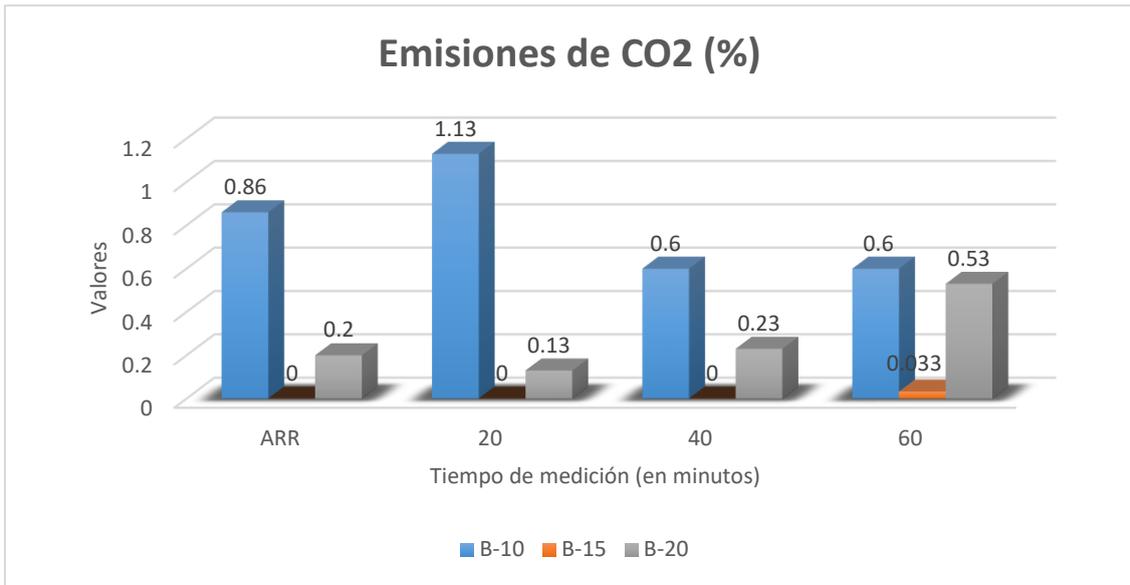


Figura 3. Emisiones de CO2

En la figura se evidencia la concentración del dióxido de carbono, donde el B-15 en Arranque, 20 minutos, 40 minutos emite 0% de CO2 y en 1 hora 0,033% de CO2; demostrando que esta mezcla tiene óptimos resultados.

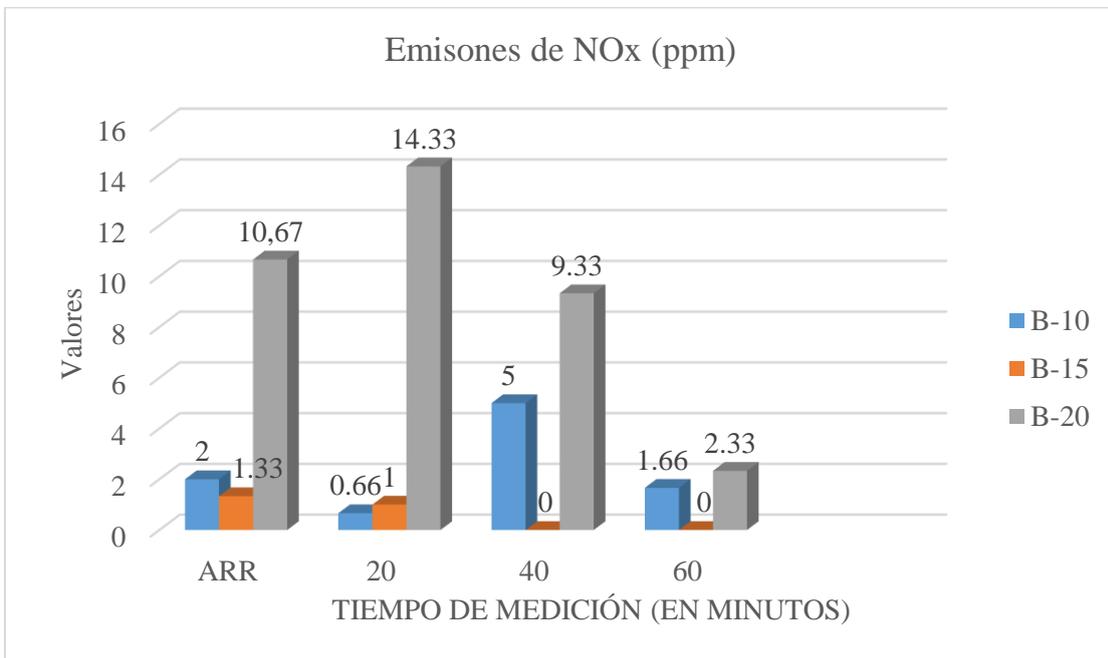


Figura 4. Emisiones de NOx

En la figura se muestra la concentración de óxidos de nitrógeno, donde con el B-15 en Arranque fue de 1,33 ppm de NOx, 20 minutos fue 1 ppm de NOx, 40 minutos y en 1 hora no emiten de NOx, demostrando ser el mejor de todas las mezclas debido que reduce altos niveles de contaminación.

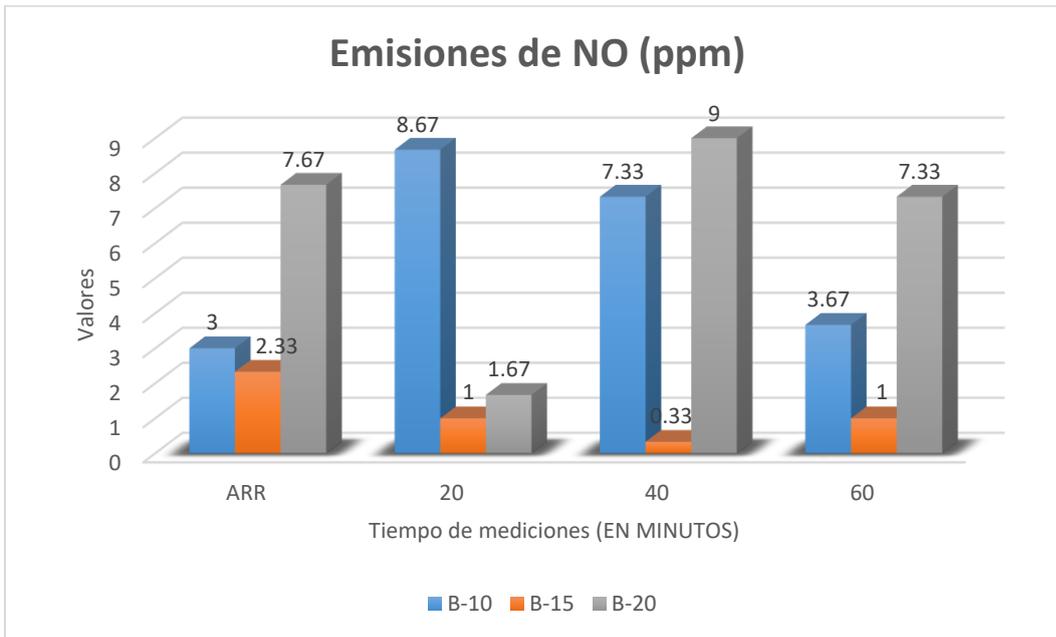


Figura 5. Emisiones de NO

En la figura se observa la concentración de monóxido de nitrógeno, donde B-15 en Arranque fue de 2,33 ppm de NO, 20 minutos fue 1ppm de presencia de contaminación de NO, 40 minutos fue de 0,33 ppm de NO y en 1 hora 1 ppm emiten de NO, de igual manera queda demostrado es el más eficiente en la reducción de NO en comparación con las demás mezclas.

### 3.3. Comparar el efecto contaminante de la combustión del biodiésel de *Ricinus communis* y diésel comercial.

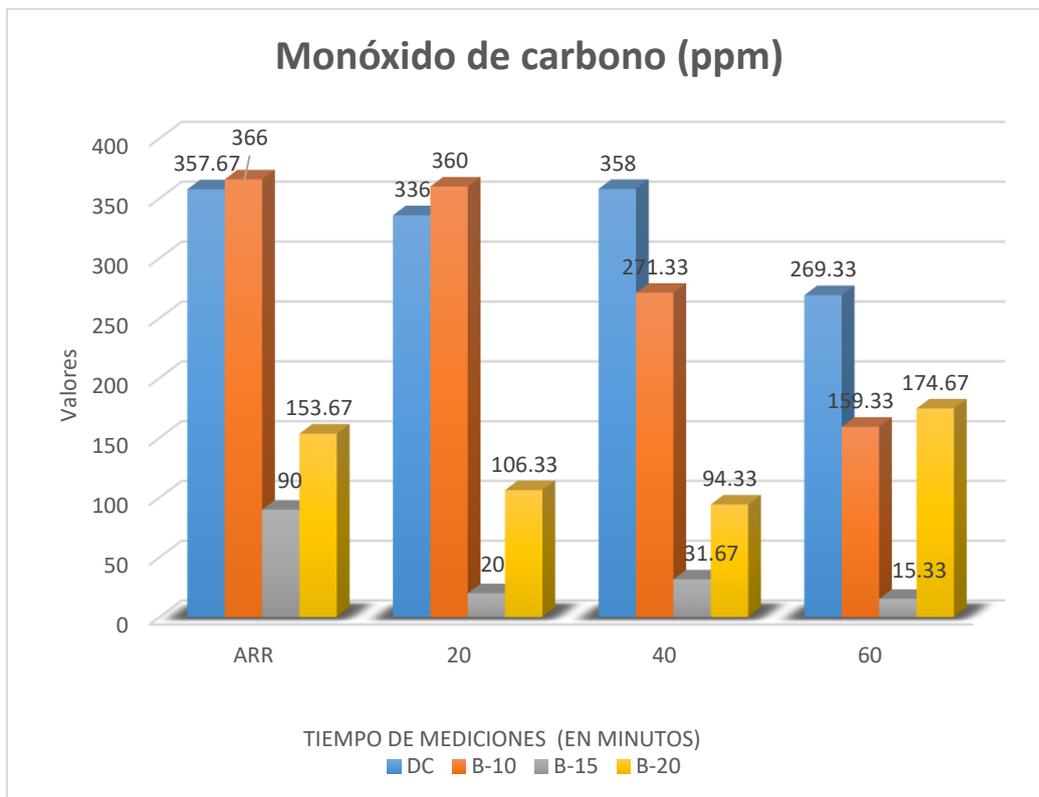


Figura 6. Emisión de CO

En la figura se puede observar que el diésel comercial presenta una emisión de monóxido de carbono en Arranque de 357,56 ppm, a los 20 minutos fue de 336 ppm, 40 minutos 358 ppm y a la hora es de 269,33; en cambio con el B-15 se puede evidenciar grandes reducciones de contaminantes de CO, esto debido que se obtuvo en Arranque 90 ppm, en 20 minutos 20 ppm, a los 40 minutos 31,67 ppm y a la hora 15,33 ppm. Esto afirma que la mejor combinación es el B-15.

En todas las combustiones realizadas no se encuentra presencia de dióxido de azufre, tanto para el diésel comercial como para el biodiésel elaborado a partir de las semillas de *Ricinus communis* en sus diferentes concentraciones.

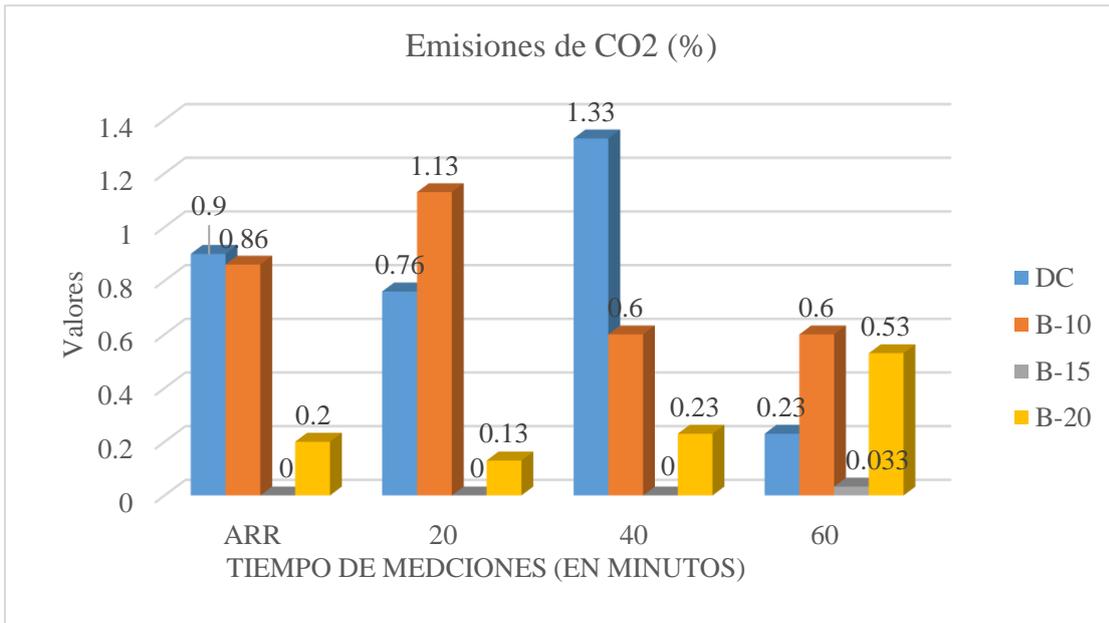


Figura 7. Emisión de CO2

En la figura se puede observar que el diésel comercial presenta una emisión de dióxido de carbono en Arranque de 0,9%, a los 20 minutos fue de 0,76%, 40 minutos 1,33% y en una hora es de 0,23%, en cambio con el B-15 se puede demostrar altas cifras de reducciones de contaminantes de CO2, esto debido que se consiguió en Arranque 0%, en 20 minutos 0%, a los 40 minutos 0% y en una hora 0,033%. Esto testifica que la mejor combinación es el B-15.

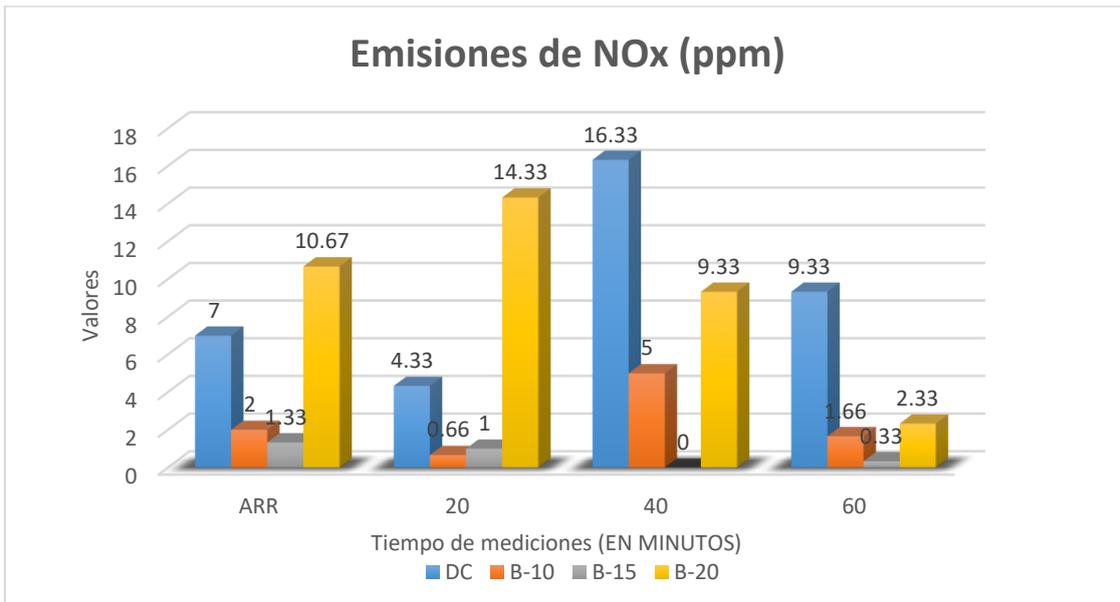


Figura 8. Emisiones de NOx

En la figura se puede indicar que el diésel comercial presenta una emisión de óxidos de nitrógeno en Arranque de 7ppm, a los 20 minutos fue de 4,33 ppm, 40 minutos 16,33 ppm y

a la hora es de 9,33; en comparación con el B-15 se puede evidenciar grandes reducciones de contaminantes de NOx, esto debido que se alcanzó en Arranque 1,33ppm, en 20 minutos 1ppm, a los 40 minutos 0 ppm y a la hora 0,33 ppm. Esto demuestra que la mejor combinación es el B-15.

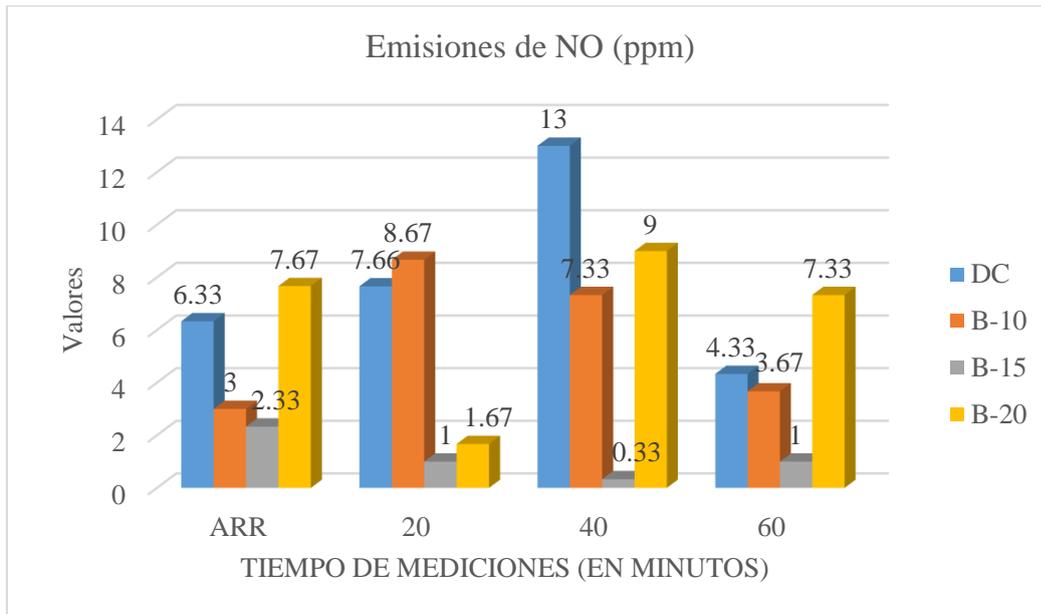


Figura 9. Emisiones de NO

En la figura se puede indicar que el diésel comercial presenta una emisión de monóxido de nitrógeno en Arranque de 6,33 ppm, a los 20 minutos fue de 7,66 ppm, 40 minutos 13 ppm y a la hora es de 4,33; en comparación con el B-15 se puede demostrar grandes reducciones de contaminantes de NO, esto debido que se adquirió en Arranque 2,33ppm, en 20 minutos 1ppm, a los 40 minutos 0,33 ppm y a la hora 1 ppm. Esto demuestra que la mejor combinación es el B-15.

**3.4. Determinar si los gases provenientes de la combustión del producto elaborado cumplen con los límites máximos permisibles para aire.**

**Tabla 2. LMP de CO**

<b>LMP: 5.5 g/min</b>				
<b>CO</b>				
	Arranque de motor	20´	40´	60´
Diésel comercial	0,35767	0,336	0,358	0,26933
B-10	0,366	0,36	0,27133	0,15933
B-15	0,09	0,02	0,03167	0,01533
B-20	0,15367	0,10633	0,09433	0,17467

**Tabla 3. LMP de NOx**

<b>LMP: 0,10 g/min</b>				
<b>NOx</b>				
	Arranque de motor	20´	40´	60´
Diésel commercial	0,007	0,00433	0,01633	0,00933
B-10	0,002	0,00066	0,005	0,00166
B-15	0,00133	0,001	0	0
B-20	0,01066	0,01433	0,00933	0,00233

En la tabla 13 y 14 se observan las emisiones de CO y NOx donde todas las combinaciones de biodiésel cumplen con los límites máximos permisibles, evidenciando que el producto elaborado cumple con las normativas.

**3.5. Contrastación de hipótesis**

A partir de los resultados obtenidos se acepta la hipótesis alternativa, porque el efecto contaminante de la combustión de biodiésel de *Ricinus communis* es menor que la del diésel comercial.

#### IV. DISCUSIÓN

El promedio de rendimiento de los 3 tratamientos de biodiésel obtenido a partir del aceite de las semillas de *Ricinus communis* que fueron (T1: 89,65%, T2: 83,33% y T3: 80,67%), destacando que el primer tratamiento es más eficiente debido a su alto nivel de rendimiento. Demostrándose que para la elaboración de este biodiésel se debe de usar 500 ml de aceite de *Ricinus communis*, 120 ml de metanol, 2 gramos de NaOH, con una agitación de 300 rpm durante 25 minutos. Así mismo, Harirama, et al (2018) realizó una producción de biodiésel de *Eucalyptus tereticornis* y su efecto en combustión, rendimiento y características de emisión de los motores por medio de la transesterificación con metanol y NaOH como catalizador bajo parámetros variables. Ambos estudios evidencian que los insumos utilizados son totalmente viables y amigables con el ambiente.

La concentración de emisión del monóxido de carbono en el B-10 en ARR es un promedio de 366 ppm de CO, en 20 minutos 360 ppm de CO, 40 minutos 271,33 ppm de CO y en una hora 159,33 ppm de CO. En cuanto a B-15 en ARR emite 90 ppm de CO, 20 minutos fue 20 ppm de CO, 40 minutos 31,67 ppm de CO y 1 hora 15,33 ppm de CO; así mismo con el B-20 en ARR fue 153,67 ppm de CO, 20 minutos 106,33 ppm de CO, 40 minutos 94,33 ppm y 1 hora fue de 174,67 ppm de CO. El diésel comercial presenta una emisión de monóxido de carbono en ARR de 357,56 ppm, a los 20 minutos fue de 336 ppm, 40 minutos 358 ppm y a la hora es de 269, 33 ppm.

En investigaciones de Godoy (2018) logró obtener a través del uso del biodiésel B5 una reducción de opacidad de los gases contaminantes en un promedio del 42.95% con relación al diésel convencional. Sin embargo, Harirama, et al (2018) redujeron las emisiones de CO y HC en comparación con el de combustible diésel a las mismas cargas, se concluye que el biodiésel de eucalipto y su mezcla con diésel podrían remplazar el combustible diésel.

Se evidencia la concentración del dióxido de carbono, donde con el B-10 emite en ARR un promedio de 0,86% de CO<sub>2</sub>, en 20 minutos 1,13% de CO<sub>2</sub>, 40 minutos 0,6% de CO<sub>2</sub> y en una hora 0,6% de CO<sub>2</sub>. Respecto a B-15 en ARR, 20 minutos, 40 minutos emite 0% de CO<sub>2</sub> y en 1 hora 0,033% de CO<sub>2</sub>; así mismo con el B-20 en ARR emite 0,2% de CO<sub>2</sub>, 20 minutos 0,13% de CO<sub>2</sub>, 40 minutos emite 0,23% y 1 hora fue de 0,53% de CO<sub>2</sub>. El diésel comercial presenta una emisión de dióxido de carbono en ARR de 0,9%, a los 20 minutos fue de 0,76%, 40 minutos 1,33% y en una hora es de 0,23%,

Los distintos beneficios que puede tener la producción de biodiésel son varios y que dan contestaciones a diversas dificultades ambientales nocivas, por ende, Carlstein (2005), señala: Las emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> se minimizan en un 100 %, las emisiones de CO se reducen hasta un 15-50%. El biodiesel es 100% amigable con la naturaleza y su toxicidad es inferior a la sal de mesa. Así mismo en la investigación no hay contaminación por dióxido el azufre, por ende, el biodiésel es totalmente rentable y amigable con el ambiente

Se muestra la concentración de oxígenos de nitrógeno, donde con el B-10 emite en ARR un promedio de 2 ppm de NO<sub>x</sub>, en 20 minutos 0,66 ppm de NO<sub>x</sub>, 40 minutos 5ppm de NO<sub>x</sub> y en una hora 1,66 ppm de NO<sub>x</sub>. En cuanto a B-15 en ARR fue de 1,33 ppm de NO<sub>x</sub>, 20 minutos fue 1 ppm de NO<sub>x</sub>, 40 minutos y en 1 hora no emiten de NO<sub>x</sub>, así mismo con el B-20 en ARR emite 10,67 ppm de NO<sub>x</sub>, 20 minutos fue 14,33 ppm de NO<sub>x</sub>, 40 minutos emite 9.33 ppm de NO<sub>x</sub>, y 1 hora fue de 2,33 ppm de NO<sub>x</sub>.

Según Ghaderi, Naderloo, Javadikia, Mostafaei & Rabbani (2019), utilizando mezcla de diésel con biodiésel producido a partir de palma y aceite de oliva con diferentes proporciones de 20% y 50% redujeron la contaminación acústica del motor diésel en comparación con el combustible diésel puro. Esto conllevaría a una reducción de los gases contaminantes en las diferentes regiones del Perú, debido que, En Lima y Callao, regiones que reúnen el 66% de todos los vehículos del país, los principales responsables de la contaminación del aire son el estado antiguo del parque automotor y la calidad defectuosa de los combustibles que causan el 70% de la contaminación del aire (MINAM, 2018

## V. CONCLUSIONES

1. Se elaboró biodiesel a partir del aceite de las semillas de *Ricinus communis*, obteniendo altos porcentajes de rendimiento, en el tratamiento 1 fue 89.67%, 2 fue 33.33% y 3 fue 80.67%, en el primer tratamiento obtuvo un mejor rendimiento de producción.
2. De las tres combinaciones de biodiésel fraccionados con diésel comercial (B-10, B-15 y B-20) se pudo determinar que B-15 es el que reduce la concentración de gases contaminantes.
3. Las emisiones de CO y NOx de todas las combinaciones de biodiésel cumplen con los límites máximos permisibles, demostrando que el producto elaborado cumple con las normativas vigentes.
4. El efecto de los contaminantes de la combustión del biodiésel elaborado a partir del aceite de *Ricinus communis* y diésel comercial reduce con la concentración de 15% de biodiésel y 85% de diésel es la mezcla que redujo la concentración de gases en todos los parámetros medidos, llegando a la conclusión que el biodiésel de *Ricinus communis* es menos contaminante que el diésel comercial.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Investigar técnicas eficientes para purificar el biodiésel derivado del aceite de las semillas de *Ricinus communis*, en específico para el proceso de lavado del biocombustible debido que se almacena una gran parte de glicerina que reduce el rendimiento de biodiésel.
2. Es de suma importancia la producción de n nuevos combustibles, para mejorar la calidad de aire ya que estos disminuyen las emisiones gaseosas que generan los combustibles tradicionales.
3. En próximos trabajos de investigación realizar pruebas en motores de camiones, donde se evalué la potencia del motor.
4. Para los siguientes trabajos de investigación, trabajar con la facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica para evaluar el rendimiento y desempeño del motor, modificar un motor que funcione exclusivamente con biodiésel.
5. En próximos trabajos de este tipo es necesario tener en cuenta el estado del aceite del motor, de este depende que las emisiones sean menos y ver qué tan efectivo es el producto elaborado.
6. Estudiar otros insumos para la producción de biodiésel, donde nos permita reducir los costos de producción teniendo los mismos o mejores resultados.
7. Evaluar si los biocombustibles no tienen problemas para su transporte y almacenamiento de diferentes climas.

## REFERENCIAS

APLICACIÓN y beneficios de la planta de higuera en el ámbito de la energía alternativa en México Galván [et al]. Trabajo de investigación. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Querétaro, 2012. 24pp.

ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación. Espisteme [en línea]. 6ta edición. Julio del 2012. Editorial Episteme. [Fecha de consulta: mayo del 2019].

Disponible en: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>

ISBN: 980-07-8529-9

ARVIND Mangad, MURARI Mohon Roy y WILSON Wang. Improvement in cold flow properties of biodiesel and its effects on diesel engine performance and emissions. International Journal of Energy and Environment. Journal of Environmental Health Science and Engineering. 9 (3): 233-248, 2018.

ISSN 2076-2895

BIODIESEL leading way on cleaning up diesel exhaust. [en línea]. Western Farm Press, 12 May 2011. Gale in Context: Environmental Studies, [Fecha de consulta: mayo de 2019].

Disponible en: <https://link.gale.com/apps/doc/A256342919/GRNR?u=univcv&sid=GRNR&xid=a1b0441a>.

BIODIESEL a latecomer alternative, seeks place in the market. National Petroleum News, 10. mayo 1994, vol. 8, n° 5. [Fecha de consulta: mayo del 2019].

Disponible en: <https://link.gale.com/apps/doc/A16042808/SPJ.SP12?u=univcv&sid=SPJ.SP12&xid=387cc559>

Biodiesel a partir de aceite de higuera utilizando lipasa inmovilizada. Ingeniería y Competitividad por Palomino, Alejandra [et al]. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal [en línea]. 2010, vol. 12, núm. 1, 9-18pp.

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323517001.pdf>

ISSN: 0123-3033

CABRALES, R., MARRUGON, J., y ABRIL, J. Rendimiento en semillas y calidad de los aceites del cultivo de higuera (Ricinus communis L.) en el valle del Sinú, Departamento de Córdoba. Argentina: Universidad de Córdoba, 2014.

CABRERA, Mauricio. El biodiesel y la calidad del aire [en línea]. El país. Marzo de 2019. [ fecha de consulta. 15 de mayo del 2019].

Disponible en: <https://www.elpais.com.co/opinion/columnistas/mauricio-cabrera-galvis/el-biodiesel-y-la-calidad-del-aire.html>

CARLSTEIN, R. El biodiesel como combustible alternativo. 2005 CentralBiodiesel HTP S.A.

CASTRO, P. Opciones para la producción y uso del. Perú: Soluciones prácticas, 2007  
Disponible en: <https://solucionespracticas.org.pe/Descargar/96/459>

DIFFERENT blends of biodiesel, bioethanol, diesel and noise pollution emitted by stationary and moving MF285 tractor. 2019 por Ghaderi [et al]. Journal of Environmental Health Science and Engineering.

Direct enzymatic ethanolysis of potential Nannochloropsis biomass for co-production of sustainable biodiesel and nutraceutical eicosapentaenoic acid por Yongjin He [et al]. Biotechnology for Biofuels, 2019. [Fecha de consulta: junio del 2019].

Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1418-7>

DIRECTED evolution of a genetically encoded immobilized lipase for the efficient production of biodiesel from waste cooking oil por HEATER [et al]. Biotechnology for Biofuels [en línea]. Mayo de 2019. [Fecha de consulta: mayo del 2020].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/317141469\\_Directed\\_evolution\\_of\\_Thermomyces\\_lanuginosus\\_lipase\\_to\\_enhance\\_methanol\\_tolerance\\_for\\_efficient\\_production\\_of\\_biodiesel\\_from\\_waste\\_grease](https://www.researchgate.net/publication/317141469_Directed_evolution_of_Thermomyces_lanuginosus_lipase_to_enhance_methanol_tolerance_for_efficient_production_of_biodiesel_from_waste_grease)

DONG, Shik Kim, MOHAMMADMATIN Hanifzadeh, y ASHOK Kumar. Trend of Biodiesel Feedstock and Its Impact on Biodiesel Emission Characteristics. Article in Environmental Progress & Sustainable Energy [en línea]. November 2017, vol.00, n° 00. 1-13 pp.

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/320902916\\_Trend\\_of\\_biodiesel\\_feedstock\\_and\\_its\\_impact\\_on\\_biodiesel\\_emission\\_characteristics](https://www.researchgate.net/publication/320902916_Trend_of_biodiesel_feedstock_and_its_impact_on_biodiesel_emission_characteristics)

EFFECT of biodiesel on diesel engine emissions Por Nikolić, Boban [et al]. Effect of Biodiesel on Diesel Engine Emissions. 22 (5): 1483-1498. 2018.

EFFECTOS de los biocombustibles en el medio ambiente 2008 [en línea]. FAO. 63 -83 pp. [Fecha de consulta: junio del 2019].

Disponible en: <http://www.fao.org/3/i0100s/i0100s05.pdf>

Evaluation of mixtures of *Jatropha curcas* (L.) biodiesel in diesel engine banks. Pastos y Forrajes. 2018 por Perez [et al]. Revista Scielo [en línea]. Octubre del 2018. vol.41, n° 4. [Fecha de consulta: mayo del 2019].

Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942018000400010&lng=pt&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000400010&lng=pt&nrm=iso)

ISSN 2078-8452

GODOY, Cristian. Analysis Of Emissions Of Exhaust Gases In An Engine With Ups Injection Using Biodiesel B5 Based On Castor Oil. Scientific Paper, 2018.

GÓMEZ, Iago. Posible utilización de aceite de tártago en producción de biocombustible. Tesis. España: Universidad de La Laguna, Escuela Superior De Ingeniería Y Tecnología, 2015. 119 pp

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos. y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. México: McGrawHill 2014. [fecha de consulta: mayo del 2019]

Disponible en:  
[https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)

ISBN: 978-607-15-0291-9

LAGOS, R. I compromiso que asume Chile ante la cumbre climática COP25. Abril de 2019 El Morro Cotudo.

MANEJO de higuierilla (*Ricinus communis*) para el valle del Mezquital, Hidalgo. México 2017. Universidad Politécnica de Francisco por Lázaro Portillo [et al]. [en línea]. México, 2017 [Fecha de consulta: mayo del 2018].

Disponible en: <https://docplayer.es/49552491-Manejo-de-higuerilla-ricinus-communis-l-para-el-valle-del-mezquital-hidalgo.html>

ISBN: 978-607-9260-15-6

MACERA Daniel. Esto cuesta la contaminación que genera [en línea]. El Comercio. 11 de julio de 2018. [Fecha de consulta: Abril del 2019].

Disponible en: <https://elcomercio.pe/economia/peru/trafico-costos-contaminacion-genera-noticia-535201-noticia/>

MÓNICO, Muñoz, SANDOVAL, Sotelo y RODRÍGUEZ, Chaparro. Estudio Teórico Sobre la Influencia del Uso de Mezclas de Biodiesel de Aceite de Palma con Jet A-1 en Motores a Reacción Ingeniería [en línea]. 2017, vol.22, n°1, 140-151pp. [Fecha de consulta: junio del 2019].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.reving.2017.1.a06>

ISSN 0121-750x

MUÑOZ, Ronald. Producción de biodiesel a partir de aceite de higuerilla (*Ricinus comunis*) como combustible alternativo en la provincia de Jaén – Cajamarca. Tesis. Jaén: Universidad Nacional De Jaén.

NOVEL 1H low field nuclear magnetic resonance applications for the field of biodiesel por Paula Berman [et al]. Revista Biotechnology for Biofuels [en línea]. 2013, vol. 6, n°1. Gale in Context: Environmental Studies. [Fecha de consulta: junio del 2019].

Disponible en: <https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/1754-6834-6-55>

PATENT Issued for Biodiesel Glycerol Emulsion Fuel Mixtures (USPTO 9303228). April 18, 2016. [en línea]. Global Warming Focus, 1124. [Fecha de consulta, Junio del 2019].

Disponible en <https://link.gale.com/apps/doc/A449757775/GRNR?u=univcv&sid=GRNR&xid=5d4aa12f>

PRODUCTION of Biodiesel from Eucalyptus Tereticornis and its Effect on Combustion, Performance and Emission Characteristics of CI Engines por Hariam [et al]. Journal. Vehicle Structures & Systems, 2018. 10(6): 443

ISSN: 0975-3060

PRODUCTION of Biodiesel from Eucalyptus Tereticornis and its Effect on Combustion, Performance and Emission Characteristics of CI Engines por Hariam [et al]. 2018. Revista International Journal. Vehicle Structures & Systems, vol. 10. n° 6 443  
ISSN: 0975-3060 (Print)-452

RAMÍREZ, Wilmer. Eficiencia del biodiesel del aceite de semillas de Ricinus communis (higuerilla) como combustible alternativo, Tesis (Ingeniero ambiental). Chiclayo 2018. Universidad César Vallejo, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

RAFA, Miguel. Los coches más contaminantes empiezan a pagar 27 euros para entrar al centro de Londres [en línea]. El país. Abril de 2019. [Fecha de consulta].

Disponible en:  
[https://elpais.com/sociedad/2019/04/08/actualidad/1554707489\\_743252.html](https://elpais.com/sociedad/2019/04/08/actualidad/1554707489_743252.html)

RIVERA, Paola, y Hernández, Jesús. Evaluación del rendimiento y calidad del aceite de siete variedades de Ricinus. Agronomía Mesoamericana [en línea]. Diciembre 2015, 27(1):183-190 pp.

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/302029814\\_Evaluacion\\_del\\_rendimiento\\_y\\_calidad\\_del\\_aceite\\_de\\_siete\\_variedades\\_de\\_Ricinus\\_communis](https://www.researchgate.net/publication/302029814_Evaluacion_del_rendimiento_y_calidad_del_aceite_de_siete_variedades_de_Ricinus_communis)

ISSN 2215-3608

SANCHEZ, Juan y ADLERCREUTZ, Patrick. Highly efficient enzymatic biodiesel production promoted by particle-induced emulsification. Biotechnology for Biofuels [en línea]. 2015, vol 8, n° 58. [Fecha de consulta: mayo del 2020]

Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13068-015-0247-6>

SARINA, Sulaiman, ABDUL, Aziz y KHEIREDDINE, Aroua. Biodiesel production from solid coconut waste. Advances in Environmental Biology [en línea]. 2014, vol 8, n° 3, pp 781-786. [Fecha de consulta: junio del 2020].

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/281835013\\_Biodiesel\\_Production\\_from\\_Solid\\_Coconut\\_Waste](https://www.researchgate.net/publication/281835013_Biodiesel_Production_from_Solid_Coconut_Waste)

SELLEY, Liza, PHILLIPS, David. y MUDWAY, Ian. The potential of omics approaches to elucidate mechanisms of biodiesel-induced pulmonary toxicity [en línea]. Particle and Fibre Technology. 8 de junio del 2019, n°4. [Fecha de consulta: mayo del 2019].

Disponible en:

<https://particleandfibretoxicology.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12989-018-0284-y>

STUDIES from Department of Engineering Further Understanding of Fuel Research (Effect of Calophyllum Inophyllum biodiesel-diesel blends on combustion, performance, exhaust particulate matter and gaseous emissions in a multi-cylinder diesel). August 8 2018, [en línea] Biotech Week, [ Fecha de consulta: mayo del 2019].

Disponible en

<https://link.gale.com/apps/doc/A548978024/GRNR?u=univcv&sid=GRNR&xid=41101b6>

5

## ANEXOS

### Anexo 01. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Tipo de investigación	Población	Técnicas
<b>¿Qué combustible es más contaminante en su combustión, el biodiésel de <i>Ricinus communis</i> o diésel comercial?</b>	<b>General</b> Comparar el efecto contaminante de la combustión del biodiésel de <i>Ricinus communis</i> y diésel comercial.	La combustión de biodiésel de <i>Ricinus communis</i> es menos contaminante que la combustión del diésel comercial.	Efecto contaminante de la combustión de Diésel comercial y Biodiésel de <i>Ricinus communis</i>	<b>Tipo</b> Aplicada	La población está constituida por las emisiones de gases del biodiésel de <i>Ricinus communis</i> y diésel comercial.	La observación
	<b>Específicos</b> Elaborar biodiésel a partir del aceite de las semillas de <i>Ricinus communis</i>			<b>Diseño</b>	<b>Muestra</b>	
	Determinar la concentración de contaminantes emitidos por las emisiones gaseosas usando diferentes concentraciones de biodiésel fraccionados con diésel comercial.			Cuasi experimental	La muestra para el estudio está conformada por los gases provenientes de las emisiones de diésel comercial y biodiésel de <i>Ricinus communis</i> .	
	Determinar cuál de las cantidades fraccionadas cumple con los límites máximos permisibles para aire.					

## Anexo 02. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Efecto contaminante de la combustión de Diésel comercial</b>	La combustión es el conjunto de procesos físicos y químicos, además es una de las principales formas de obtención de energía (Domínguez, 2013). Los efectos contaminantes disminuyen con la utilización de los biocombustibles de manera considerable (FAO, 2008)	Se medirá las emisiones del biodiésel- diésel usando un motor estacionario y mediante el empleo de diferentes instrumentos de laboratorio que permiten obtener un valor preciso de las emisiones. El efecto contaminante del biodiésel reducirá la generación de emisiones contaminantes al ambiente.	Diésel comercial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ppm Monóxido de carbono CO</li> <li>• % Dióxido de carbono CO<sub>2</sub></li> <li>• ppm Dióxido de azufre SO<sub>2</sub></li> <li>• ppm óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub></li> <li>• ppm Monóxido de nitrógeno NO</li> </ul>

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Efecto contaminante de la combustión de Biodiésel de <i>Ricinus communis</i></b>	<p>La combustión es el conjunto de procesos físicos y químicos, además es una de las principales formas de obtención de energía (Domínguez, 2013).</p> <p>Los efectos contaminantes disminuyen con la utilización de los biocombustibles de manera considerable (FAO, 2008)</p>	<p>Se medirá las emisiones del biodiésel- diésel usando un motor estacionario y mediante el empleo de diferentes instrumentos de laboratorio que permiten obtener un valor preciso de las emisiones. El efecto contaminante del biodiésel reducirá la generación de emisiones contaminantes al ambiente.</p>	Biodiesel de <i>Ricinus communis</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ppm Monóxido de carbono CO</li> <li>• % Dióxido de carbono CO2</li> <li>• ppm Dióxido de azufre SO2</li> <li>• ppm óxidos de nitrógeno NOx</li> <li>• ppm Monóxido de nitrógeno NO</li> </ul>

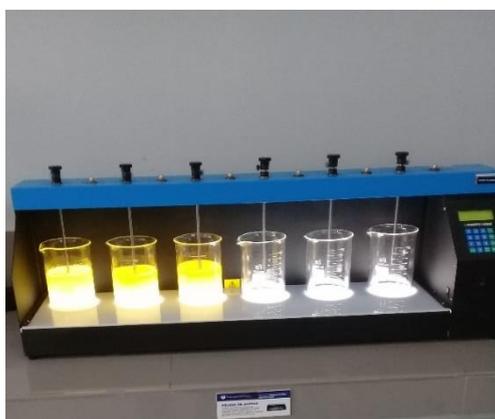
### Anexo 03. Galeria de fotos



Aceite de Ricinus communis.



Solución de metanol /NaOH



Prueba de jarras.



Decantación de biodiesel



Lavado de biodiésel



Secado del biodiésel



Obtención de Biodiésel



Diésel y biodiésel.



Fraccionamiento diésel y biodiésel



Motor estacionario



Medición de gases



Medidor de gases

## Anexo 04. Resultados



### LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Físicoquímico  
USUARIO : Mego Pérez Jorge Euler  
FECHA DE MEDICIÓN : 13 de Noviembre del 2019

#### Cuadro Referencial

D.C.	Diésel comercial
B	Biodiésel
B-10	10% B + 90% D.C.
B-15	15% B + 85% D.C.
B-20	20% B+80% D.C.

CONCENTRACIÓN	N° DE MEDICIONES	Monóxido de carbono CO ppm			
		UNIDAD DE TIEMPO			
		BASE 1 HORA			
		ARRANQUE	20'	40'	60'
DC	1	353	390	364	242
	2	388	317	350	268
	3	332	301	360	298
B-10	1	343	381	344	197
	2	372	355	221	111
	3	383	344	249	170
B-15	1	107	40	9	5
	2	93	11	0	24
	3	70	9	86	17
B-20	1	173	139	4	34
	2	179	81	234	234
	3	109	99	45	256

Medidas tomadas con el analizador de combustión KIGAZ 110

CAMPUS CHICLAYO  
Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5  
Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



CONCENTRACIÓN	N° DE MEDICIONES	Dióxido de carbono CO2 %			
		UNIDAD DE TIEMPO			
		BASE 1 HORA			
		ARRANQUE	20'	40'	60'
DC	1	0,9	0,9	1,4	0,3
	2	0,9	0,7	1,3	0,4
	3	0,9	0,7	1,3	0,0
B-10	1	1,0	0,8	0,7	0,3
	2	0,8	1,4	0,1	0,0
	3	0,8	1,2	1,0	0,3
B-15	1	0,0	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,1
	3	0,0	0,0	0,0	0
B-20	1	0,3	0,0	0,2	0
	2	0,3	0,2	0,0	0,7
	3	0,0	0,2	0,5	0,9

Medidas tomadas con el analizador de combustión KIGAZ 110

CONCENTRACIÓN	N° DE MEDICIONES	Óxido nítrico NO ppm			
		UNIDAD DE TIEMPO			
		BASE 1 HORA			
		ARRANQUE	20'	40'	60'
DC	1	8	5	23	2
	2	7	8	12	4
	3	4	10	4	7
B-10	1	5	3	7	3
	2	3	14	7	2
	3	1	9	8	6
B-15	1	1	1	0	1
	2	0	2	0	2
	3	4	0	1	0
B-20	1	3	2	2	12
	2	9	0	9	10
	3	11	3	16	0

Medidas tomadas con el analizador de combustión TESTO 340



## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONCENTRACIÓN	N° DE MEDICIONES	Dióxido de azufre SO <sub>2</sub> ppm			
		UNIDAD DE TIEMPO			
		BASE 1 HORA			
		ARRANQUE	20'	40'	60'
DC	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
B-10	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
B-15	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0
B-20	1	0	0	0	0
	2	0	0	0	0
	3	0	0	0	0

Medidas tomadas con el analizador de combustión TESTO 340

CONCENTRACIÓN	N° DE MEDICIONES	Nox ppm			
		UNIDAD DE TIEMPO			
		BASE 1 HORA			
		ARRANQUE	20'	40'	60'
DC	1	5	3	11	15
	2	12	6	17	5
	3	4	4	21	8
B-10	1	0	0	5	0
	2	2	0	7	0
	3	4	2	3	5
B-15	1	1	1	0	1
	2	0	2	0	0
	3	3	0	0	0
B-20	1	23	34	7	0
	2	7	9	17	3
	3	2	0	4	4

Medidas tomadas con el analizador de combustión TESTO 340

  
**DIANA KAROLINA QUIROZ INCIO**  
 INGENIERA AMBIENTAL  
 REG. CIP. 227778

**CAMPUS CHICLAYO**  
 Carretera Chiclayo Pimentel Km. 3.5  
 Telf.: (074) 481616 / Anexo: 6514

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe