



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA OPACIDAD GENERADA POR LOS GASES DE
ESCAPE DE UN MOTOR HYUNDAI SANTA FE CRDI 2.0 EMPLEANDO BIODIÉSEL
DE MICROALGAS Y DIÉSEL PREMIUM**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico Automotriz

AUTORES: LESLY AVIGAIL MUÑOZ GÓMEZ

ANGHELO GEOVANNY SARANGO CHAMBA

TUTOR: ING. CHRISTIAN OMAR PULLA MOROCHO, M.Sc.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Lesly Avigail Muñoz Gómez con documento de identificación N° 0107379265 y Anghelo Geovanny Sarango Chamba con documento de identificación N° 1105953291; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 27 de febrero del 2023.

Atentamente,



Lesly Avigail Muñoz Gómez

0107379265



Anghelo Geovanny Sarango Chamba

1105953291

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Lesly Avigail Muñoz Gómez con documento de identificación N° 0107379265 y Anghelo Geovanny Sarango Chamba con documento de identificación N° 1105953291, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Análisis comparativo de la opacidad generada por los gases de escape de un motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0 empleando biodiésel de microalgas y diésel Premium”, el mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico Automotriz en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de febrero del 2023.

Atentamente,



Lesly Avigail Muñoz Gómez
0107379265



Anghelo Geovanny Sarango Chamba
1105953291

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Christian Omar Pulla Morocho con documento de identificación N° 0103570602, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA OPACIDAD GENERADA POR LOS GASES DE ESCAPE DE UN MOTOR HYUNDAI SANTA FE CRDI 2.0 EMPLEANDO BIODIÉSEL DE MICROALGAS Y DIÉSEL PREMIUM, realizado por Lesly Avigail Muñoz Gómez con documento de identificación N° 0107379265, y Anghelo Geovanny Sarango Chamba con documento de identificación N° 1105953291, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 27 de febrero del 2023.

Atentamente,



Ing. Christian Omar Pulla Morocho, M.Sc.

0103570602

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a Dios por la vida y fuerza para nunca darme por vencida.

A mis padres por ser un pilar fundamental para lograr mi meta, a mis hermanos por su apoyo incondicional

Dedico a mis maestros quienes me formaron, trabajaron en mi crecimiento profesional.

A cada uno de mis amigos que pude hacer en mi camino por la universidad quienes me dieron una mano y nunca me dejaron sola cuando tenía problemas.

Lesly Avigail Muñoz Gómez

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis padres, Ángel Sarango y Esperanza Chamba, los pilares fundamentales de este proyecto y la culminación de esta carrera ya que siempre me apoyaron y me dieron este valioso regalo anhelado por ellos y por mí.

También a mi tía Amada Chamba y mi abuelita que también gracias a ellos somos las personas de bien que ellos siempre desearon.

A mis hermanos que con su apoyo y sus regaños y los inspiradores de que siga adelante a pesar de los problemas siempre estuvieron ahí dando su granito de arena,

A nuestro tutor Ing. Christian Pulla que fue nuestro guía brindándonos sus conocimientos para culminar con éxito este trabajo.

A todas las personas que me brindaron su apoyo y han puesto su granito de arena y gracias a eso se pudo culminar con éxito este proyecto.

Anghelo Geovanny Sarango Chamba

AGRADECIMIENTO

De manera especial a mi tutor de tesis el Ing. Christian Pulla por creer en este trabajo de titulación, guiarme y sobre todo aportar en nuestro crecimiento profesional,

A la Universidad Politécnica Salesiana y a todo su cuerpo de Investigadores y profesionales, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

Lesly Avigail Muñoz Gómez

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por la vida, por las bendiciones que he recibido.

A mis padres, por su apoyo moral, porque siempre tuvieron para mí una palabra de aliento. Sin ellos no podría haber tenido mejor herencia que el estudio.

Agradezco a mis todos mis hermanos que son lo más importante en mi vida que de una u otra forma fueron mis fuerzas y mis ganas de seguir adelante siempre me apoyaron y por ellos se ha culminado este proyecto con éxito.

Agradezco a personas como tía que gracias a ella y sus enseñanzas fueron la guía para seguir el camino del bien y así culminar esta carrera y este proyecto.

A nuestro tutor el Ing. Christian Pulla quien se dio su tiempo y nos supo guiar en cada etapa de este proyecto brindándonos su conocimiento siendo nuestro guía en la culminación de este proyecto.

Anghelo Geovanny Sarango Chamba

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se basó principalmente en el análisis comparativo de la opacidad generada por los gases de escape de un motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0 empleando biodiésel de microalgas y diésel Premium. Para obtener el biocombustible de microalgas se realizó varios procesos, el determinar los lugares donde existen microalgas como fuentes hídricas, ríos, lagunas, etc. Posteriormente se empezó a recolectar, secar y almacenar a las microalgas para que estas pasen por procesos físicos y químicos que nos ayudarían a obtener el aceite de las microalgas donde se purificará y almacenará, como paso final se obtendrá el biocombustible de microalgas. Al concluir el proyecto se analiza la opacidad que produce el biodiésel de microalgas y diésel Premium utilizándolo en un motor Hyundai Santa Fe CRDI de esta manera permitirá tener un claro panorama del impacto ambiental que tendría este combustible de microalgas.

Palabras clave: Microalga, Opacidad.

ABSTRACT

The present degree work was based mainly on the comparative analysis of the opacity generated by the exhaust gases of a Hyundai Santa Fe CRDI 2.0 engine using biodiesel from microalgae and premium diesel. To obtain the biofuel from microalgae, several processes were carried out, determining the places where microalgae exist, such as water sources, rivers, lagoons, etc. Subsequently, the microalgae began to be collected, dried, and stored so that they go through physical and chemical processes that would help us obtain the microalgae oil where it will be purified and stored, as a final step the microalgae biofuel will be obtained. At the end of the project, the opacity produced by microalgae biodiesel and premium diesel is analyzed using it in a Hyundai Santa Fe CRDI engine, in this way it will allow a clear overview of the environmental impact that this microalgae fuel would have.

Keywords: Microalgae, Opacity.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
ÍNDICE DE CONTENIDO	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE ECUACIONES	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
PROBLEMA.....	2
ANTECEDENTES	3
IMPORTANCIA Y ALCANCES	4
DELIMITACIÓN.....	4
OBJETIVOS.....	5
OBJETIVO GENERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
<i>Capítulo 1</i>	6
Fundamentación Teórica.....	6
1 Fundamentación Teórica	6
1.1 Combustible bio-sostenible a partir de microalgas.....	6
1.1.1 Definición de microalgas.....	6
1.1.2 Aplicación de las microalgas.....	7
1.1.3 Alimentación	8
1.1.4 Biorremediación	8
1.1.5 Compuesto con actividad biológica.....	9

1.1.6	Ventajas de la producción de biocombustibles a partir de microalgas	9
1.1.7	Inconvenientes de la producción de biodiésel con microalgas.....	10
1.1.8	Factores que afectan la calidad de los lípidos de microalgas.....	10
1.1.9	Estudio de lugares para la recolecta de microalgas.....	11
1.1.10	Tecnologías para la cosecha de microalgas.	13
1.1.11	Extracción de Lípidos.....	15
1.1.12	Método de extracción de microalgas BLIGH & DYER.....	16
1.1.13	Lípidos.	16
1.1.14	Biocombustibles	17
1.1.15	Propiedades.....	17
1.1.16	Biodiésel.....	18
1.2	Motor de prueba.	20
1.3	Opacidad.....	20
1.3.1	Analizador de partículas MAHA MET 6.2	22
1.3.2	Equipos de medición de opacidad	23
1.3.3	Opacidad de los gases de escape.....	24
1.3.4	Gases Contaminantes	25
Capítulo 2.....		26
Obtención de biodiésel de microalgas mediante procesos físicos químicos para su caracterización y uso como combustible.		26
2	Obtención de la materia prima.....	26
2.1	Cosecha de microalgas.....	26
2.2	Colecta de las microalgas en lagunas.	27
2.3	Colecta de las microalgas en peceras	28
2.4	Colecta de las microalgas en Ríos.....	30
2.5	Extracción de aceite de microalgas	32
2.6	Elaboración de biodiésel de microalga.....	35
Capítulo 3.....		38
Comparación de los resultados de los análisis de opacidad entre el biodiésel de microalgas y diésel premium empleado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0.....		38
3	Comparación de los resultados de los análisis de opacidad entre el biodiésel de microalgas y diésel premium empleado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0	38
3.1	Análisis de opacidad entre el biodiésel de microalgas y diésel premium empleado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0	38

3.1.1	Motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0	38
3.2	Analizador de partículas MET 6.2.	39
3.2.1	Procesos para tomar de datos del Coeficiente de absorción de luz (K) en el motor CRDI 2.0 Hyundai Santa Fe	40
3.2.2	Conexión del analizar de partículas al motor de prueba	42
3.3	Resultado del análisis de partículas del Diésel Premium aplicado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI	45
3.3.1	Tabla de resultados de opacidad utilizando diésel premium.....	46
3.3.2	Cálculo de la Opacidad	46
3.4	Resultado del análisis de opacidad del Biodiésel de microalgas empleado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI	48
3.4.1	Características del biodiésel de microalgas.....	48
3.4.2	Tabla de resultados de opacidad utilizando biodiésel de microalgas.....	48
CONCLUSIONES.....		51
RECOMENDACIONES.....		52
BIBLIOGRAFÍA.....		53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 0.1. Lagunas del Cajas.	4
Figura 1.1. Crecimiento de las microalgas en el medio ambiente.....	7
Figura 1.2. Ambiente donde se producen las microalgas.....	7
Figura 1.3. Alimentos derivados de las microalgas.....	8
Figura 1.4. Hábitat de microalgas en pantanos.....	11
Figura 1.5. Hábitat de microalgas en lagunas.....	12
Figura 1.6. Hábitat de microalgas en ríos.....	12
Figura 1.7. Hábitat de microalgas en peceras.....	13
Figura 1.8. Proceso de deshidratación de microalgas.....	13
Figura 1.9. Proceso de secado de microalgas.....	14
Figura 1.10. Motor Hyundai Santa Fe CRDI.	20
Figura 1.11. Equipo analizador de partículas MET6.2.....	23
Figura 1.12. Gases contaminantes en motores diésel.....	24
Figura 2.1. Diagrama de recolección de microalgas.	26
Figura 2.2. Diagrama de extracción de aceite de microalgas.....	32
Figura 2.3. Diagrama de elaboración de biodiésel de microalgas.....	35
Figura 3.1. Equipo analizador de partículas MET 6.2.....	39
Figura 3.2. Diagrama de procesos para la toma de datos del analizador de partículas.	40
Figura 3.3. Revisión del estado de la batería y filtro de aire.	41
Figura 3.4. Prueba de encendido del motor de prueba Hyundai Santa Fe CRDI.	41
Figura 3.5. Encendido y calibración del analizador de partículas MET 6.2.	42
Figura 3.6. Diagrama de analizador de partículas.	42
Figura 3.7. Filtro de combustible del analizador de partículas.....	43
Figura 3.8. Salida del escape de motor Hyundai Santa Fe CRDI.....	43
Figura 3.9. Encendido del motor Hyundai Santa Fe CRDI.....	44
Figura 3.10. Analizador de Partículas Met 6.2.....	44
Figura 3.11. Llenado de biodiésel en el depósito del motor Hyundai Santa Fe.....	45
Figura 3.12. Grafica de opacidad usando diésel premium.	47
Figura 3.13. Gráfica de opacidad usando biodiésel de microalgas.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Propiedades físicas de algunos solventes.	16
Tabla 1.2 Propiedades de los combustibles.	17
Tabla 1.3 Características del motor Hyundai Santa Fe.	20
Tabla 1.4 Datos técnicos del analizador de gases MET6.2.	23
Tabla 1.5. Gases generados por la combustión de un motor Diésel.	25
Tabla 2.1 Proceso de cosecha de microalgas en lagunas.	27
Tabla 2.2 Proceso de cosecha de microalgas en peceras.	28
Tabla 2.3. Proceso de cosecha de microalgas en ríos.	30
Tabla 2.4 Extracción de aceite de microalgas por Blich y Dyer.	33
Tabla 2.5 Proceso de extracción de aceite de microalgas.	34
Tabla 2.6 Proceso de purificación de aceite de microalgas.	36
Tabla 2.7 Proceso de elaboración de Biodiésel de microalgas.	37
Tabla 3.1 Características generales del motor Hyundai Santa Fe CRDI.	39
Tabla 3.2. Cuadro característico del diésel premium.	45
Tabla 3.3 Datos de opacidad utilizando diésel.	46
Tabla 3.4. Cálculo de opacidad.	46
Tabla 3.5. Datos de opacidad utilizando Diésel.	47
Tabla 3.6 Particularidades principales del Biodiésel de microalgas en pruebas.	48
Tabla 3.7. Datos de opacidad usando biodiésel.	48
Tabla 3.8. Cálculo de opacidad para biodiésel.	49
Tabla 3.9. Tabla de resultados de opacidad utilizando biodiésel de microalga.	49

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1. Opacidad.	20
Ecuación 1-2. Opacidad.	21
Ecuación 1-3. Opacidad.	22

INTRODUCCIÓN

La escasez de combustible fósil y el incremento del calentamiento global en los últimos años han permitido que se tenga que buscar alternativas diferentes, que sean amigables con el medio ambiente, a través de recursos renovables. Concurriendo a la investigación científica en búsqueda de otra manera viable para sustituir al combustible por medio de microalgas.

Estos microorganismos pueden ser convertidos en biocombustible mediante diversas maneras, entre ellas, tenemos los siguientes ejemplos: “digestión anaerobia a biogás; transesterificación de lípidos a biodiésel; fermentación de carbohidratos a bioetanol; y, por último, la conversión a altas temperaturas en aceite biológico crudo” (Park, 2011).

Según la norma ecuatoriana INEN 2 207:2007 nos dice que el límite de opacidad es del 50% en motores a Diésel, en las normas Internacionales euro, nos dice que los vehículos no deben sobre pasar un porcentaje de opacidad del 30%.

En la actualidad aumento del precio del petróleo, recursos limitados de combustibles fósiles y las consecuencias negativas de su uso, ha producido un enfoque en la generación de biocombustibles. El aceite extraído de microalgas ha suscitado en los últimos tiempos una fuente apropiada y directa para la producción de biodiésel ya que el contenido de aceite que estos microorganismos poseen es mucho mayor al de otras especies que generalmente son utilizadas para obtener biocombustible, por lo que diversos métodos de extracción de su aceite han sido evaluados con el objetivo de hacer más fácil y óptimo el proceso de extracción siendo un alto potencial para conseguir biodiésel a gran escala.

PROBLEMA

A medida que pasa el tiempo, millones de vehículos de combustión a diésel producen toneladas de contaminantes como: óxidos nitrosos, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, partículas y dióxido de azufre (Abbey, 1993). Estos gases incrementan el calentamiento global, el efecto invernadero y provocan efectos en los ecosistemas; además de generar problemas en la salud humana, provocando un conjunto de enfermedades tales como: cáncer de pulmón y problemas respiratorios, que son los más comunes (Gavalda, 2012).

Las investigaciones realizadas para buscar nuevas fuentes de energía de biomasa son limitadas pese a la escasez de reservas de petróleo, las que se estiman pueden llegar a agotarse a mediados del año 2040, basándose en estudios realizados por la (Corporación Mundial Estadística de Energía BP 2017) (José Ignacio Hormaeche Azumendi, 2008).

ANTECEDENTES

Según las investigaciones de (Yépez, 2017) nos dicen que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (NO_x , CO_2 , CO , CH) son los causantes y provocan el calentamiento global, el deterioro del ambiente y la salud de los seres humanos. La organización mundial del medio ambiente también nos dice que la industria automotriz es la causante del 15% de la contaminación del ambiente, en los resultados de (Yépez, 2017), el promedio de opacidad es de 11.1%, con este resultado el motor aprobaría sin problema las normas nacionales e internacionales esto es con diésel fósil, en cambio el resultado de biodiésel B15 se obtuvo un promedio de opacidad de 0.38%. Mediante el análisis gráfico se muestra como el porcentaje de opacidad es mucho más alto en relación con las RPM.

En el estudio realizado por la revista (ROMMEL PAÚL IMBAQUINGO NAVARRETE, 2021), nos indica que al usar una mezcla B10 y B5 se evidencian resultados que dan una disminución significativa del porcentaje de opacidad con las diferentes mezclas de biocombustible comparado con el diésel Premium. Con el régimen de giro de 720 RPM la opacidad disminuye desde 3.3% con diésel Premium, una reducción de 2.62% en mezcla B5 y un 2.24% con mezcla B10, lo que nos indica que al usar un biocombustible de microalgas se da una reducción considerable de la opacidad.

Según (Edilberto Antonio Llanes Cedeño, 2017) los diferentes estudios demuestran que el biodiésel reduce substancialmente la emisión de la mayoría de los gases y partículas que contaminan la atmósfera, como es un combustible oxigenado la combustión es más completa reduciendo las emisiones de partículas sólidas menores a 10 micrones (PM10), monóxido de carbono (CO) y óxido de azufre (SOx), peligrosos agentes contaminantes.

IMPORTANCIA Y ALCANCES

Los gases que generan los automóviles a diésel nos llevan a una búsqueda de un biocombustible alternativo para disminuir las emisiones contaminantes y obtener un mejor rendimiento de la combustión y así aportar con el medio ambiente, para lo cual se ha optado en analizar un biodiésel a partir de microalgas con características propias sin aditivos que proporcionaran un bajo nivel de contaminación.

DELIMITACIÓN

Para realizar el biodiesel de microalgas se extrae la biomasa de lugares como son ríos del Cajas, lagunas de Bibín de la parroquia Sidcay y de peceras, dichos lugares se encuentran en la ciudad de Cuenca provincia del Azuay. Se toma en consideración para trabajar con estas microalgas la contaminación directa que se puede tener y la cantidad de lípidos que puedan aportar para la elaboración del biodiesel.



Figura 0.1. Lagunas del Cajas.

Fuente: Los Autores

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis comparativo de la opacidad generada por los gases de escape de un motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0 empleando biodiésel de microalgas y diésel Premium.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Investigar el estado del arte mediante diferentes revisiones bibliográficas para el desarrollo del proyecto técnico.
- ✓ Obtener el biodiésel de microalgas mediante procesos físicos químicos para caracterizarlo y usarlo como combustible en un motor Hyundai Santa Fe CRDI.
- ✓ Comparar los resultados de los análisis de opacidad entre el biodiésel de microalgas y diésel Premium empleado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI para determinar su impacto en el medio ambiente.

		<i>Capítulo 1</i>
		Fundamentación Teórica

1 Fundamentación Teórica

1.1 Combustible bio-sostenible a partir de microalgas

1.1.1 Definición de microalgas

Las microalgas son microorganismos unicelulares que realizan todas las funciones vitales de forma independiente mediante la fotosíntesis. Existe diversidad de formas y estructuras en las microalgas, las mismas que son capaces de bioacumular en sus membranas gran cantidad de contaminantes, así como de producir lípidos, grasas, aceites y pigmentos que resultan de gran importancia en la industria ambiental y alimenticia (Gavilanez, 2013).

Las microalgas en los ecosistemas de la ciudad de Cuenca juegan un papel muy importante ya que permiten descontaminar las aguas negras, ríos contaminados y reduce el efecto invernadero en nuestra tierra, jamás lo hemos tomado como parte productiva, a lo mucho se ha llegado a investigaciones como abono, y las investigaciones locales no han aprovechado al máximo a las microalgas.

El tomar en cuenta las microalgas como materia prima para la extracción de lípidos para la elaboración de biodiesel, es una alternativa viable ya que esta no tiene un impacto ambiental en el proceso de elaboración de biodiésel, los estudios e investigaciones que se han llevado hasta el día de hoy nos muestran el biodiésel de microalgas como el combustible del futuro.



Figura 1.1. Crecimiento de las microalgas en el medio ambiente.

Fuente: Los Autores.

1.1.2 Aplicación de las microalgas

Existe muchos usos de microalgas en el mundo, ya sean estas en alimentación, fertilizantes, pesticidas, etc. Pero hoy en día los pobladores de la ruralidad de Cuenca; utilizan las microalgas de lagunas o fuentes hídricas; como alimento directo para ganado vacuno, en el instante que estos animales van a tomar agua ingieren de forma directa microalgas, siendo por ende parte de su alimentación.



Figura 1.2. Ambiente donde se producen las microalgas.

Fuente: (Clarín, 2018).

1.1.3 Alimentación

La búsqueda de súper alimentos a dado como resultados que, las microalgas aporten con proteína, calcio, fósforo, etc., mismas que se trabaja en buscar nuevas formas de cosecha y preparación del cual podemos obtener jugos, galletas, postres, entre otras.

Durante los años de 1970 y 1980 se desarrolló un extenso trabajo para la producción a gran escala de cultivos de microalgas como fuente de proteína, bajo el concepto de “Single-Cell Protein” se evaluó y estudió multitud de estirpes de microalgas buscando la de mayor contenido proteico” (Bosnjakovic, 2013).



Figura 1.3. Alimentos derivados de las microalgas.

Fuente: (Andes, 2018).

1.1.4 Biorremediación

Se ha propuesto el uso de microalgas en proceso de biorremediación tales como: eliminación del dióxido de carbono proveniente de gases de escape de plantas industriales, tratamientos de aguas residuales o remoción de metales pesados provenientes de efluentes contaminados por la minería o zonas altamente contaminadas. La posibilidad de disponer de una fuente de carbono económica hace que se esté valorando el cultivo de microalgas a escala industrial; en instalaciones anexas a grandes centros de emisión de CO₂, como pueden ser las centrales térmicas y cementeras con el doble objetivo de reducir sus emisiones y de generar

un producto con diversas aplicaciones. Sin embargo, algunas de estas fuentes emisoras producen un gas con altas concentraciones de dióxido de carbono, así como de compuestos oxidados de nitrógeno y azufre, que no son adecuados para su aplicación al cultivo de microalgas (Van Den Hende, 2012).

“El cultivo de microalgas puede usarse para la biorremediación de efluentes provenientes de actividades industriales y agrícolas, eliminando sustancias altamente contaminantes como compuestos fenólicos y pesticidas” (Subashchandrabose, 2013). Dicho lo anterior, diversas microalgas excretan carbohidratos y otros compuestos orgánicos complejos con capacidad de absorber cationes, haciéndolas especialmente interesantes para la remoción de metales pesados generados en los efluentes de actividades industriales como minería y metalurgia, evitando su dispersión y acumulación en el medio ambiente y en la cadena trófica con el consiguiente riesgo para la salud humana (Mchenry, 2013).

1.1.5 Compuesto con actividad biológica

Las microalgas son capaces de generar metabolitos secundarios de importancia en biomedicina y agronomía para el desarrollo de compuestos como: herbicidas, pesticidas, antibióticos, compuestos anticancerígenos y antivirales, con actividad antiinflamatoria, antitrombótica, antidiabética, cardio, neuro y hepatoprotectora, anti anémica y antihistamínica (Patel, 2013).

1.1.6 Ventajas de la producción de biocombustibles a partir de microalgas

A diferencia de otras fuentes de materia prima para la producción de biocombustibles como son la grasa vegetal o animal, la caña de azúcar, el maíz, entre otras; el biocombustible a base de algas tiene las siguientes ventajas:

- ✓ Su “alta productividad por área y contenido de lípidos debido a su elevada productividad energética, la cual es de 7 a 31 veces mayor que la de la palma y decenas a centenas mayor que otras plantas oleosas como el maíz, la soya, la canola, la jatropha y el coco” (Cho, 2013).
- ✓ Los “nutrientes para su cultivo (nitrógeno y fósforo, principalmente) se puede obtener a partir de aguas residuales; por lo tanto, hay una posibilidad para ayudar al tratamiento de aguas residuales municipales” (Bosnjakovic, 2013).
- ✓ “Tienen un rápido potencial de crecimiento, existen especies capaces de cuadruplicar su biomasa en un solo día y varias especies tienen porcentajes entre 20% a 50% de contenido de aceite del peso seco de biomasa” (Bosnjakovic, 2013).

1.1.7 Inconvenientes de la producción de biodiésel con microalgas

Cuando hablamos de inconvenientes generados en el proceso de producción de biodiésel de microalgas, debemos hablar de la escasa información generada en las investigaciones locales, ya que la información que adquiramos de otras fuentes; es totalmente ajena a la realidad que se puede trabajar con las microalgas de estas tierras.

La diferencia de costos de la bioingeniería producida de microalgas y de energía fósil es lo que limita la industrialización de la bioenergía de las algas (Cho, 2013).

1.1.8 Factores que afectan la calidad de los lípidos de microalgas

La calidad está asociada al hábitat donde ésta se cultiva, existen pantanos, ríos y lagunas donde crecen las microalgas y los nutrientes son parte fundamental para el crecimiento.



Figura 1.4. Hábitat de microalgas en pantanos.

Fuente: Los Autores.

Fósforo: Es uno de los minerales importantes en el crecimiento de las microalgas, estas se las obtienen de las rocas del río.

Carbono: La capacidad de asimilar CO₂ varía con la especie, además en algunas especies que tienen altas concentraciones de CO₂ podrían inhibir el crecimiento celular mientras que en otras podrían presentar mayor velocidad de crecimiento y productividad de lípidos (Arias Peñarando, 2013).

1.1.9 Estudio de lugares para la recolecta de microalgas.

- ✓ **Lagunas:** Las lagunas u ojos de aguas producen microalgas, estas tienen que estar expuestas a los rayos del sol y a nutrientes que se obtienen de los humos de ganado vacuno.



Figura 1.5. Hábitat de microalgas en lagunas.

Fuente: Los Autores.

- ✓ **Ríos:** Los ríos que nacen del Parque Nacional El Cajas, en sus piedras crecen microalgas, las cuales tienen temporadas de formación desde diciembre a mayo; en épocas de invierno culminan su ciclo y luego mueren.



Figura 1.6. Hábitat de microalgas en ríos.

Fuente: Los Autores.

- ✓ **Peceras:** las peceras son una fuente directa para la cosecha de microalgas, esta lleva un proceso de quince días para la crianza; una vez llevando este proceso el agua toma un color verde oscuro.



Figura 1.7. Hábitat de microalgas en peceras.

Fuente: Los Autores.

1.1.10 Tecnologías para la cosecha de microalgas.

Se toma en consideración, los siguientes métodos detallados a continuación para la cosecha de microalgas:

- ✓ **FLOCULACIÓN:** La floculación se puede realizar como una etapa de deshidratación inicial en el proceso de recolección, que mejorará significativamente la facilidad del procesamiento. “Durante la floculación, las células de microalgas se adhieren entre sí para formar agregados pesados que luego se sedimentan y son concentrados” (Halim R. D.)



Figura 1.8. Proceso de deshidratación de microalgas.

Fuente: Los Autores.

- ✓ **FILTRACIÓN:** Es el proceso de filtrar el agua para obtener biomasa de microalgas. La filtración es muy eficiente a bajas densidades de microalgas, pero es costoso y consume mucho tiempo (Bošnjaković, 2013).
- ✓ **PROCESO DE SECADO:** Secado al sol es el método comúnmente usado, ya que utiliza directamente la energía solar. Sin embargo, es un proceso que consume tiempo y la velocidad del secado, sigue siendo el desafío principal de dicho proceso. Otros procesos más rápidos son intensivos en energía y/o pueden alterar la estructura de los lípidos y la proteína rica de la biomasa sobrante, afectando su calidad. El paso del secado se considera como el principal obstáculo de la producción de biodiésel a base de microalgas. Por lo tanto, la energía neta positiva del biodiésel de microalgas se podría obtener si se realiza la extracción en húmedo. Sería económicamente favorable para evitar la etapa de secado (Teher, 2014).



Figura 1.9. Proceso de secado de microalgas.

Fuente: Los Autores.

1.1.11 Extracción de Lípidos.

La búsqueda de encontrar un solvente para la mayor extracción de lípidos hace que se investigue combinaciones como: cloroformo – etano, hexano – etanol y etanol, para trabajar con microalgas.

Una gran variedad de solventes orgánicos suele ser utilizados en la extracción de aceite de microalgas, siendo el más popular una mezcla hexano-etanol, mediante esta combinación es posible extraer más del 98% de los ácidos grasos presentes en la biomasa (González, 2009).

El etanol un buen solvente de extracción, su selectividad hacia los lípidos es relativamente baja comparada con otros solventes, pero a su vez trabaja de forma indirecta en las extracciones de lípidos cuando esta queda en reposo con microalgas deshidratadas.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra las propiedades físicas de los solventes más utilizados y sus características, teniendo en cuenta el punto de ebullición, la viscosidad y el índice de polaridad de cada uno.

Tabla 1.1. Propiedades físicas de algunos solventes.

Índice de polaridad	Disolvente	Viscosidad cP (20°C)	Punto de ebullición (en °C, 1 atm)
0,1	n-hexano	0,313	68,7
0,2	Ciclohexano	0,98	80,7
2,8	Éter dietílico	0,22	34,5
3,9	Isopropanol	2,35	117,7
4,0	Butanol	0,71	125,0
4,1	Cloroformo	0,56	61,0
5,1	Metanol	0,60	64,7
5,2	Etanol	1,20	78,3
9,0	Agua	1,00	100,0

Fuente: (Martínez, 2009)

1.1.12 Método de extracción de microalgas BLIGH & DYER

Para extraer los aceites totales presentes en la biomasa de microalga se usó el método de Bligh & Dyer, que consiste en la homogenización a 800 RPM, de la biomasa con una mezcla de metanol cloroformo en proporción 2:1, seguido de la adición de cloroformo y homogenización durante 30 segundos, con posterior adición de agua y homogenización durante otros 30 segundos adicionales. Posteriormente, se realiza una filtración y una centrifugación; después de la cual se separan la fase de metanol y cloroformo, y se remueve el cloroformo por evaporación (Archanaa, 2012).

1.1.13 Lípidos.

Los lípidos son sustancias de origen biológico, formadas básicamente por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), y, además, de átomos como fósforo (P), nitrógeno (N) azufre (S). Son insolubles o muy poco solubles en agua y dadas sus características

moleculares y composición estructural; son solubles en los solventes orgánicos como: Etanol, éter, cloroformo, benceno, acetona, entre otros. (Monthieu, 2010).

1.1.14 Biocombustibles

El Biocombustible, es una alternativa para remplazar a los hidrocarburos derivados del petróleo y el carbón, los biocombustibles son obtenidos a partir de aceites de semillas, vegetales, microalgas, etc. El Biocombustibles tiene menos impacto ambiental y su proceso de elaboración es sustentable a largo tiempo. El punto de inflamación del biodiésel es superior al diésel por lo que su almacenamiento y transporte son más seguros (Cárdenas, 2010).

1.1.15 Propiedades

El rápido incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera combinado con el desgaste de las reservas de combustibles fósiles ha conducido a un mayor interés comercial en las fuentes de energía renovables. Dentro de las varias alternativas tecnológicas, la producción de biocombustibles ha recibido mucho interés científico en las últimas décadas. (Halim R. D., 2012). Dentro de las investigaciones realizadas, podemos comparar las propiedades entre biodiésel de microalgas y diésel detallados en la

Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Propiedades de los combustibles.

PROPIEDAD	BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE MICROALGAS	DIÉSEL	ASTM BIODIÉSEL ESTÁNDAR
Densidad kg/L	0,864	0,838	0,86 -0,90
Viscosidad (Pa.s) a 40°C	5,2x10 ⁻⁴	(1,9 - 4,1) x 10 ⁻⁴	(3,5 - 5,0) x 10 ⁻⁴

Punto de inflamación (°C)	115	75	100 °C (min)
Punto de solidificación (°C)	-12	(50 - 10)	-
Acidez titulable (mg KOH/kg)	0,374	0,5	0,5 (máx.)
Azufre (ppm)	41	40-45	-
Agua (ppm)	10 (máx.)	350 (máx.)	-
Contaminación total (ppm)	-	24 (máx.)	-

Fuente: Los Autores.

La propiedad más importante es la calidad de energía que puede obtenerse. El poder calórico del diésel a base de petróleo es de 42,7 MJ/kg y el del biodiésel, dependiendo de la fuente de biomasa involucrada, de colza o soja tiene un poder calórico de 37 MJ/kg y el derivado de algas alcanza los 41MJ/kg. (INTA, 2017). Hay que mencionar que la densidad y la viscosidad del biodiésel son mayores con respecto al diésel, lo que influye en el transporte y almacenamiento del combustible; si la densidad 38 es mayor, aumenta la energía térmica, mientras que la viscosidad debe ser menor para evitar fugas en el motor. (Barraza, 2009)

1.1.16 Biodiésel.

Biocombustible líquido compuesto de alquil-ésteres de alcoholes de cadena corta como Etanol y Metanol, con ácidos grasos de cadena larga obtenidos a partir de biomasa renovable: aceites vegetales (de girasol, colza, soja o palma), aceites usados (de fritura), grasas animales y aceites de microalgas. (Fernández, 2012). La principal ventaja del biodiésel es que es uno de la mayoría de los combustibles renovables, no es tóxico y es biodegradable (Gendy, 2013). Dicho lo anterior, existen diversas metodologías para la producción de

biodiésel: uso directo de aceites o con mezclas de éstos con diésel fósil, micro emulsiones, pirólisis y transesterificación, siendo esta última la solución más factible. (Benítez, 2013)

1.1.16.1 Diésel.

Derivado del petróleo y mezcla de etanol, si presenta aditivos que mejora las prestaciones ayuda a la lubricación del motor, este es un combustible que hoy en día se utiliza en todo el mundo. Para nuestro trabajo de titulación, vamos a utilizar el gasoil B o diésel Premium que cuenta con las siguientes propiedades:

- **Color:** Blanquecino o verdoso.
- **Densidad:** 850 kg/m³.
- **Poder Calorífico:** 8.800 kcal/kg.

1.1.16.2 Característica del diésel.

A continuación, se detalla las características principales que contiene un diésel Premium en general:

- ✓ Los hidrocarburos que conforman el diésel son muy poco volátiles.
- ✓ Se caracteriza por ser aceitoso, lo que permite lubricar las partes del motor.
- ✓ La fracción de gasoil cambia de un lugar a otro de acuerdo con los estándares nacionales y al petróleo que se usa como materia prima.
- ✓ Hay variantes ligeras para motores de vehículos de carretera y pesados para motores navales o ferrocarriles.
- ✓ El índice que sirve para identificar o caracterizar al diésel es el número de cetano y no el octano, como sucede con la gasolina. Este índice determina la facilidad de inflamabilidad y la volatilidad del combustible.

1.2 Motor de prueba.

El motor que se utilizará para las pruebas de funcionamiento será un motor MEC marca Hyundai Santa Fe CRDI 2.0 año 2002 (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En la Tabla 1.3, se definen las características del motor que posee la Universidad Politécnica Salesiana con sede en Cuenca.

Tabla 1.3 Características del motor Hyundai Santa Fe.

MOTOR DE PRUEBA						
Modelo del vehículo	Transmisión	Tipo de inyección	Nro. Cilindros	Cilindrada	Potencia KW/rpm	Torque Nm/rpm
2002 Hyundai Santa Fe 2.0L	Automático	CRDI	4L	2.0	60,3/4000	140/4000

Fuente: (Calle, 2001)



Figura 1.10. Motor Hyundai Santa Fe CRDI.

Fuente: Los Autores.

1.3 Opacidad

La opacidad se define como “una fracción de luz transmitida por el humo que se la expresa en porcentaje (%), que al ser enviada de una fuente impide llegar al receptor del instrumento que se la expresa en función de transmitancia” (Valencia, 2008).

$$N = 100 - \tau(\%)$$

Ecuación 1.1. Opacidad.

Donde:

N = es la opacidad. (%)

τ = es la transmitancia. (%)

Gestión ambiental. aire. vehículos automotores. determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática, método de aceleración libre (INEN., 2013).

Densidad del humo (K) (conocida también como “Coeficiente de extinción de luz” o “Coeficiente de absorción de luz”). Medio fundamental para cuantificar la capacidad de una corriente de humo o del humo de una muestra para oscurecer la luz. Por convención, la densidad del humo se expresa en metros elevado a menos uno (m⁻¹).

La densidad del humo es una función del número de partículas de humo por unidad de volumen de gas, la distribución por tamaño de las partículas de humo, y las propiedades de absorción y dispersión de las partículas. Sin la presencia de humos azules o blancos, la distribución de tamaño y las propiedades de absorción, dispersión son similares para todas las muestras de gases de escape diésel y la densidad de humo es principalmente una función de la densidad de las partículas de humo.

La densidad de humo o coeficiente de absorción, K, (o m), de una corriente de humo se define de la siguiente manera, a partir de la ley de Beer- Lambert (INEN., 2013):

$$K = \frac{1}{L} * \ln \left(1 - \frac{N}{100} \right)$$

Ecuación 1.2. Opacidad.

En donde:

K = densidad del humo m⁻¹,

L = longitud de trayectoria óptica efectiva en m,

N = opacidad en porcentaje.

Ley de Beer-Lambert. Para propósitos de medición del humo diésel, se puede utilizar una ecuación que expresa la relación entre la opacidad de una corriente de humo, la longitud de trayectoria óptica efectiva a través de la corriente, y la opacidad del humo por unidad de longitud de trayectoria.

$$= 100 * [1 - e^{-(l*k)N}]$$

Ecuación 1.3. Opacidad.

En donde:

K = densidad del humo,

N = opacidad,

L = longitud de trayectoria óptica efectiva.

Un valor de opacidad intermedia entre 15 % y 85 % es evaluado con un Material de Referencia Certificado (MRC).

1.3.1 Analizador de partículas MAHA MET 6.2

Para el análisis de partículas usaremos el equipo MAHA MET 6.2 que se obtendrá el coeficiente de absorción de luz (K) y la agrupación de material particulado fino 2.5 de vehículos a diésel, las ventajas que tiene la máquina es que tiene un tiempo de calentamiento corto, y su software nos indica si ya es tiempo del cambio de filtros próximos a reemplazar.

Los análisis de partículas son en tiempo real por medio de corriente de flujo parcial con aceleración libre o con carga en el motor.

1.3.2 Equipos de medición de opacidad

Mediante este equipo analizador de partículas MET6.2 (ver), se podrá diagnosticar de una manera rápida la opacidad y la concentración de partículas de un motor Diésel (Manualslib, 2022)



*Figura 1.11. Equipo analizador de partículas MET6.2.
Fuente: (Maha, 2019).*

Tabla 1.4 Datos técnicos del analizador de partículas MET6.2.

DATOS TÉCNICOS DEL ANALIZADOR DE PARTÍCULAS MET 6.2	
Principio de medición	Medición de extinción
Tiempo de calentamiento de la celda de medición	150 seg.
Dimensión (Largo * Ancho * Altura)	406 * 225 * 160 mm
Peso	Aprox. 4,6 kg
Alimentación de tensión	100 - 230 V, DC
Conexión tensión de abordó	10 - 30 V, DC
Intervalo de medición opacidad	0 - 100 %
Rango de medición coeficiente de absorción	0 - 9,99 m-1
Resolución coeficiente de absorción	0,01 m-1
Rango de medición concentración de partículas	1 - 1100 mg/m ³
Resolución concentración de partículas	1 mg/m ³

Fuente: (Maha, 2019).

1.3.3 Opacidad de los gases de escape

La opacidad de los gases de escape se produce por la combustión interna en el motor de un vehículo diésel arrojados por un tubo de escape, los cuáles podemos presenciar en diferentes tonalidades.

- ✓ **Blanco:** Es producido por combustible con poco cetano, lo que produce problemas en los inyectores y válvulas, produciéndose averías en la bomba de combustible.
- ✓ **Azul:** El color azul se produce cuando en el motor hay paso de aceite a la cámara de combustión causado por el desgaste de válvulas y segmentos de los pistones.
- ✓ **Negro:** El humo negro se produce por la incompleta combustión en el motor, debido a que los componentes como filtro de aire, inyectores y bomba de combustible se encuentran en mal estado (Goñi Delión & Rojas Delgado, 2016).
- ✓ **Gris:** Al notar la presencia del humo gris esto indica, que el motor y sus elementos están en buen funcionamiento (Edwin Ramiro Cabrera Avila, 2019).



Figura 1.12. Gases contaminantes en motores diésel.

Fuente: (Edwin Ramiro Cabrera Avila, 2019).

1.3.4 Gases Contaminantes

Son producto de la quema de combustibles que al ser expulsados por el tubo de escape desprenden una serie de gases, los cuáles van a depender de las características del vehículo, su tecnología y el sistema de control de emisiones, en vehículos pesados o más potentes tienden a generar mayor cantidad de emisiones por kilómetro recorrido. En la Tabla 1.55, se indican los daños y consecuencias causados por los gases contaminantes.

Tabla 1.5. Gases generados por la combustión de un motor Diésel.

GASES GENERADOS POR LA COMBUSTIÓN DE DIÉSEL		
NOMBRE	NOMENCLATURA QUÍMICA	DAÑOS
Óxido Nitroso	NO ₂	Causa en el humano irritaciones de la membrana pituitaria.
Óxido de Nitrógeno	NO _x	Es incoloro y sin olor, en el aire se transforma en dióxido de nitrógeno.
Hidrocarburos	HC	Una gran cantidad de hidrocarburos tienen un gran impacto en la salud y en el ambiente conocidos como cancerígenos.
Partículas	PM	Tiene un mayor impacto en la salud humana y el ambiente.
Monóxido de Carbono	CO	Se adhiere a la hemoglobina de la sangre reduciendo el flujo del oxígeno en el torrente sanguíneo generando afecciones en el sistema nervioso y cardío.

Fuente: (Plymovent, 2017).

		<i>Capítulo 2</i>
	Obtención de biodiésel de microalgas mediante procesos físicos químicos para su caracterización y uso como combustible.	

2 Obtención de la materia prima

2.1 Cosecha de microalgas

Para la cosecha de microalgas se realizó en varios lugares donde el mapa conceptual puntualizará los procesos:

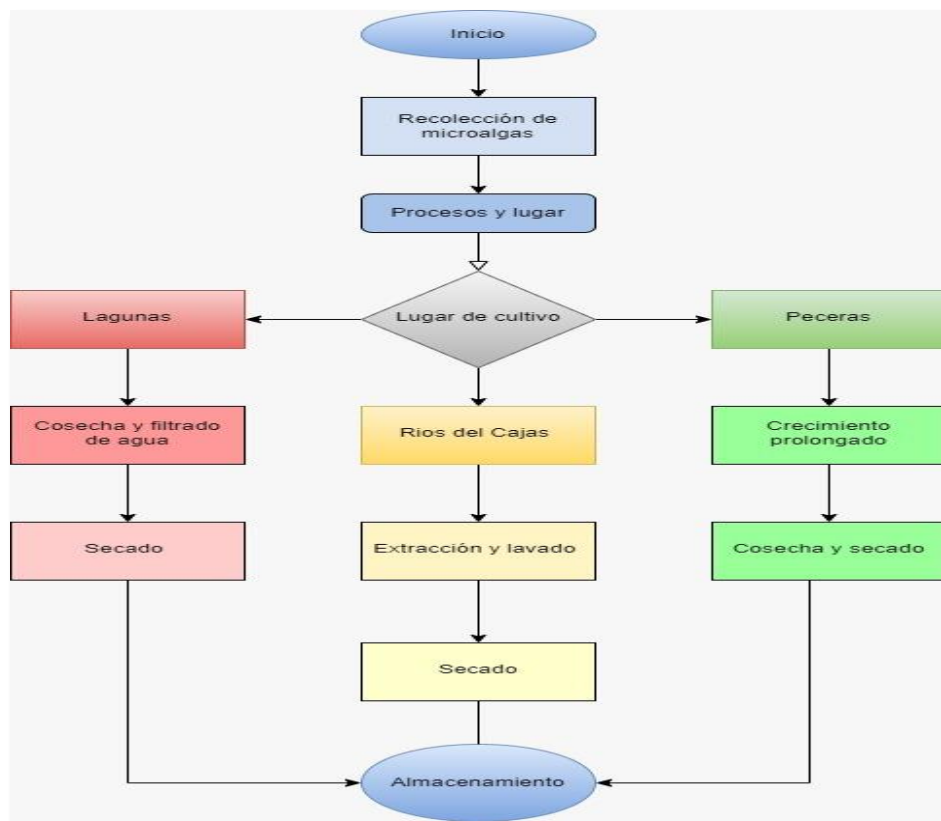





Figura 2.1. Diagrama de recolección de microalgas.



Fuente: Los Autores.

2.2 Colecta de las microalgas en lagunas.

El proceso de la recolecta de microalgas en las lagunas, se lleva a cabo en el Barrio de Bibín Parroquia Sidcay; luego de un estudio previo el cual nos muestra claramente el alto contenido de microalgas y sobre todo en el crecimiento masivo de la misma, estos sucesos se dan gracias a los nutrientes que tiene estas aguas y sobre todo la luz directa del sol que tienen para realizar la fotosíntesis.

Tabla 2.1 Proceso de cosecha de microalgas en lagunas.

Cosecha de microalga en lagunas			
Datos			
Lugar	Bibin Parroquia Sidcay		
Ph del agua	7,0 a 7,5		
Temperatura	4°C a 20°C		
Tipo de microalga	Dulceacuólicas		
Proceso de colecta de microalgas			
Procesos	Estado	Desarrollo	Materiales
Determinación de lagunas que contienen microalgas.		Con ayuda de un colador y una paleta extraemos las algas de la laguna.	* Colador * Espátula * Depósito * Guantes * Botas
Recolecta de microalga de una laguna.		En un embace procedemos a almacenar la microalgas y con un filtro de tela filtramos el exceso de agua.	* Embace * Depósito * Filtro de tela. * Embudo
Filtrado y Secado.		Filtramos la masa de microalgas en un filtro de tela en un embudo durante 24 horas.	* Filtro de tela. * Embudo * Recipiente

Secado de Microalgas		Colocamos las microalgas sobre tela Flex posteriormente debemos mantener en temperaturas de 30°C a 40°C hasta que seque las masa de microalgas.	*Tela Flex 1m
Almacenamiento		Para almacenar se procede a pesar y a guardar en un ambiente sin humedad y seco.	*Báscula digital *Recipiente





Fuente: Los Autores.



2.3 Colecta de las microalgas en peceras

La recolecta se da cada quince días cuando el agua comienza a tener un color verdoso, esta recolección lo llevamos a cabo dentro de un domicilio del barrio San José del Vecino, es importante reproducir la mayor cantidad de microalgas durante ocho días posterior a la recolecta.

Tabla 2.2 Proceso de cosecha de microalgas en peceras.

Cosecha de microalga de una pecera	
Datos	
Lugar	San José del Vecino Cuenca
PH del agua	6,8 a 7,2
Temperatura	13°C a 35°C
Tipo de microalga	Clórela Emersonni

Proceso de colecta de microalgas en Peceras			
Procesos	Estado	Desarrollo	Materiales
Determinación de la pecera que contenga microalgas.		Durante 15 días se realiza el estudio para la extracción de microalgas mismas que posteriormente se retiran en el cambio de agua para peces.	* Depósito de muestra
Extracción de Microalgas de pecera.		Se procede a envasar en botellas el agua con microalgas.	*Filtro de tela. *Embudo. *Recipiente
Crecimiento de microalgas.		El agua recolectada es embazada en botellas un 20% de agua de pecera y 60% agua natural o agua reposada. Durante 8 días se alimenta a las microalgas.	*Botellas *Bomba de aire
Separación del agua y microalgas.		La biomasa sedimentada se centrifuga a una velocidad 2000 rpm por 1min. Dejamos reposar por un día.	*Recipiente. *Centrífuga.

Retirar el agua sobrante.		Separando de esta manera las fases sólidas y líquidas por la diferencia de densidades a continuación se retiró el agua sobrante mediante succión.	*Depósito de precipitado.
Recolección de lípidos.		En la parte inferior quedan los lípidos los cuales recolectamos y depositamos en un recipiente para su respectivo secado.	*Recipiente de secado plano.

Fuente: Los Autores.

2.4 Colecta de las microalgas en Ríos

Para la recolecta de microalgas del Parque Nacional El Cajas debemos considerar las temperaturas bajas y sobre todo el peligro cuando la corriente del río es alta sin embargo la alta concentración de la materia que esta ofrece es realmente importante en el instante de extraer lípidos.

Tabla 2.3. Proceso de cosecha de microalgas en ríos.

Cosecha de microalga en ríos	
Datos	
Lugar	Parque Nacional Cajas
Ph del agua	7,4 a 8
Temperatura	0°C a 30°C
Tipo de microalga	Spirulina

Proceso de colecta de microalgas			
Procesos	Estado	Desarrollo	Materiales
Revisión del lugar donde se podría encontrar las microalgas.		El estudio consta en visitar la rívera del río del Cajas donde hay pequeñas represas donde se alojan las microalgas.	*Guantes
Extracción de microalgas.		Para la recolección debemos llegar al sitio y con ayuda de palos arrancar las microalgas.	*Guantes *Depósito
Proceso de filtrado de agua.		El proceso se realiza mediante filtros telares donde se deja por 1 día para que filtre la mayor cantidad de agua.	*Filtro de tela. *Embudo. *Recipiente.
Secado de microalgas.		Enviamos a un horno por 20min a 140°C para eliminar bacterias.	*Posuelos de aluminio.
Inspección de secado.		Procedemos a poner en una tela blanca para revisar humedad.	*Báscula digital. *Recipiente.
Almacenamiento.		En este proceso retiramos de los filtros de tela los lípidos, pesamos y almacenamos en botes secos a temperatura ambiente.	1. Báscula digital. 2. Recipiente.

Fuente: Los Autores.

2.5 Extracción de aceite de microalgas

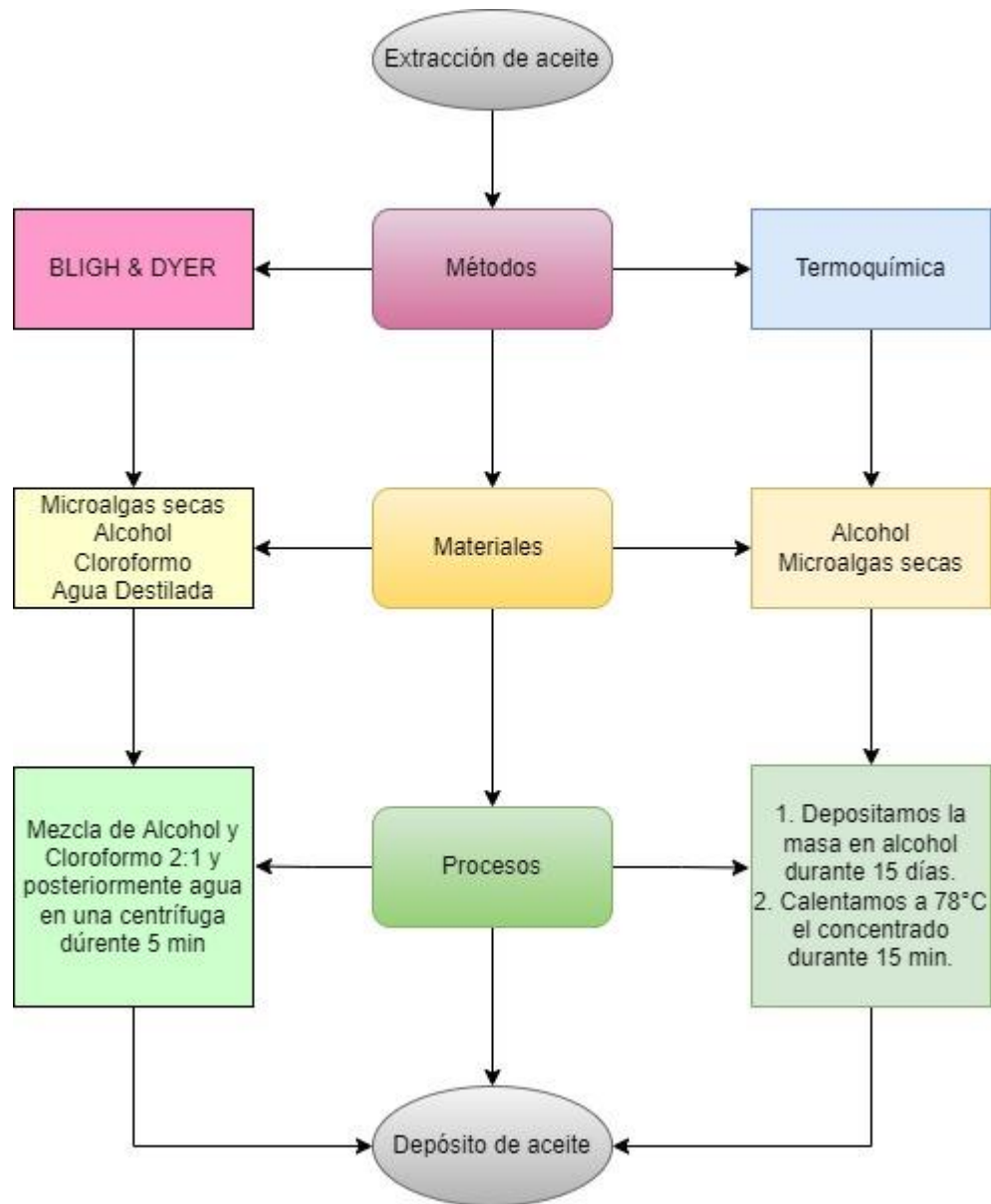








Figura 2.2. Diagrama de extracción de aceite de microalgas.





Fuente: Los Autores.

Tabla 2.4 Extracción de aceite de microalgas por Bligh y Dyer.

Método de extracción de aceite:		BLIGH & DYER	
PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE			
Procesos	Estado	Desarrollo	Materiales
Alcohol + Microalgas.		Pesamos las microalgas y a su vez medimos el alcohol, llevamos a la centrifuga por 2min.	*Vaso precipitado. *Alcohol. *Centrifuga.
Alcohol + Microalgas + Cloroformo.		De acuerdo a la mezcla anterior procedemos a medir el cloroformo 2:1 y colocamos en la mezcla mientras esta en la centrifuga.	*Vaso precipitado. *Cloroformo. *Centrifuga.
Alcohol + Microalgas + Cloroformo + Agua destilada.		Para culminar el proceso colocamos agua en la mezcla hasta obtener un color verde claro.	*Vaso precipitado. *Alcohol. *Centrifuga. *Agua destilada.
Separación de aceite de microalgas.		La mezcla se procede a guardar en un recipiente de vidrio por 15 días.	*Frasco de vidrio.
Extración de aceite de microalgas.		Por gravedad los lípidos se asientan en la base del recipiente, se extrae solo los lípidos. Para obtener solo aceite evaporamos a fuego lento hasta obtener aceite de microalgas.	*Recipiente de precipitado.
Almacenamiento.		Procedemos almacenar el aceite en un recipiente de vidrio.	*Frasco de vidrio.

Fuente: Los Autores.

Tabla 2.5 Proceso de extracción de aceite de microalgas.

Método de extracción de aceite:		Termoquímica	
Proceso de extracción de aceite			
Procesos	Estado	Desarrollo	Materiales
Peso de la microalga.		Luego del secado se procede a pesar para los cálculos de alcohol para su macerado.	*Báscula digital. *Recipiente plástico.
Macerado.		Dentro de este proceso colocamos las microalgas en un recipiente de vidrio y colocamos alcohol a 99° de acuerdo al peso 2:1 se coloca el alcohol y se deja reposar 15 días.	*Recipiente de vidrio. *Vaso de precipitado.
Evaporación del alcohol.		Para la obtención del aceite calentamos el macerado de microalgas y el alcohol a una temperatura de 70°C por 20min.	*Máquina de precalentamiento eléctrica de 25°C a 100°C
Recolección del aceite de microalgas.		La recolección de aceite microalga la hacemos con una jeringa de la cual determinamos la cantidad obtenida.	*Jeringa. *Depósito de vidrio.

Fuente: Los Autores.

2.6 Elaboración de biodiésel de microalga

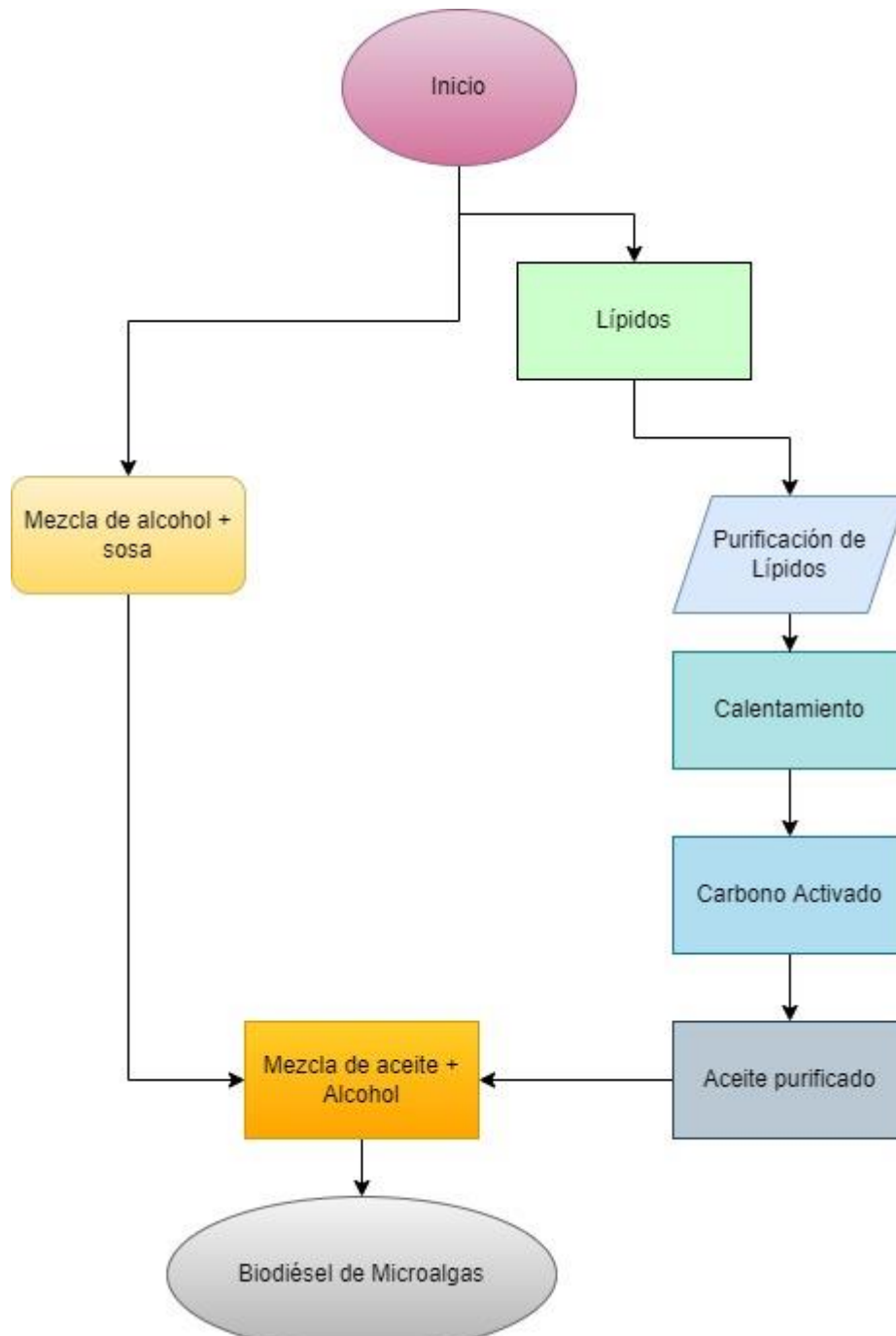







Figura 2.3. Diagrama de elaboración de biodiésel de microalgas.






Fuente: Los Autores.

Tabla 2.6 Proceso de purificación de aceite de microalgas.

Procesos de purificación de aceite			
Procesos	Estado	Desarrollo	Materiales
Mezcla de aceite de microalgas y agua.		Dentro de este proceso colocamos el aceite extraído de las microalgas en un recipiente con agua. Colocamos bombas de aire y dejamos por 24 horas que las burbujas de agua limpien el aceite.	*Recipiente. *Bombas de aire.
Reposo de aceite.		Dejamos reposar hasta que el aceite de microalga llegue a la superficie.	*Recipiente. *Bombas de aire.
Eliminación de residuos de agua.		Cuando el aceite es limpiado con agua quedan residuos, los cuales a temperatura estos se evaporan.	*Recipiente. *precipitado. *Cocineta.
Filtrado con carbón activado.		Para garantizar la pureza del aceite pasamos por carbón activado purificando el aceite.	*Carbón activado. *Embolo
Almacenamiento.		Se debe almacenar en un lugar fresco y seguro con un frasco de vidrio cerrado.	*Frasco de vidrio

Fuente: Los Autores.

Tabla 2.7 Proceso de elaboración de Biodiésel de microalgas.

Proceso de elaboración de Biodiésel de microalgas			
Procesos	Estado	Desarrollo	Materiales
Pesar Sosa Caustica		En una báscula digital pesamos 6g de sosa caustica.	*Báscula digital. *Papel de aluminio.
Medir etanol		Colocamos en un baso de precipitado 200ml de etanol.	*Baso precipitado de etanol.
Mezcla		Mezclamos la sosa con etanol por 15min.	*Botellas de vidrio
Medir aceites		Medimos en una botella, 1lt de aceite de microalga.	*Botella plástica
Mezcla de aceite y etanol + sosa caustica		Mezclamos el aceite con la mezcla de la sosa + etanol por 2min. -Dejamos reposar 24hora -Separamos el diésel de la gliserina posteriormente almacenamos.	*Botella plástica

Fuente: Los Autores.

		<i>Capítulo 3</i>
		<p align="center">Comparación de los resultados de los análisis de opacidad entre el biodiésel de microalgas y diésel Premium empleado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0</p>

3 Comparación de los resultados de los análisis de opacidad entre el biodiésel de microalgas y diésel Premium empleado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0

3.1 Análisis de opacidad entre el biodiésel de microalgas y diésel Premium empleado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0

Este tipo de análisis permitirá tener la calidad de aire que esta recorre por el tubo de escape, de tal manera que podamos tener un criterio claro de cuál de los combustibles emiten menos emisiones contaminantes al medio ambiente. Por medio de un analizador de partículas podemos medir las emisiones de gases contaminantes que genera un motor a diésel para determinar el nivel de contaminación que puede emitir al momento de la combustión con diésel Premium o biodiésel de microalga.

3.1.1 Motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0

Se toma en consideración al motor Hyundai Santa Fe CRDI 2.0 para realizar las pruebas por su tecnología, características y rendimiento para la comparación de los diferentes combustibles. El motor que utilizamos está dispuesto en un banco didáctico funcional, el cual está destinado para la investigación de los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana con sede en Cuenca.

Tabla 3.1 Características generales del motor Hyundai Santa Fe CRDI.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MOTOR HYUNDAI SANTA FE 2.0	
Combustible	Diésel
N° Cilindros	4L
Cilindro	84mm diámetro x 90mm carrera
Potencia Máxima	60,3kW
Revoluciones de Potencia Máx.	4000 rpm
Relación de compresión	16.5 : 1
Par Máximo	140 Nm.
Revoluciones del Par máximo	1800rpm
Cilindrada	1995cc
Motor	2.0 litros (1.995cc)
Aceleración (0-100km/h)	11.2seg
Velocidad máxima	182km/h



Fuente: Manual del vehículo Hyundai Santa Fe CRDI.

3.1.2 Analizador de partículas MET 6.2.

Un analizador de partículas es un equipo que nos permite medir la opacidad de un motor a diésel mismo que utilizaremos para la comparación de los combustibles. En los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana con sede en Cuenca cuentan con este analizador, siendo un instrumento de medición primordial en el desarrollo y obtención de resultados de este trabajo de titulación.



Figura 3.1. Equipo analizador de partículas MET 6.2.

Fuente: Los Autores

3.1.3 Procesos para tomar de datos del Coeficiente de absorción de luz (K) en el motor CRDI 2.0 Hyundai Santa Fe

- En este diagrama mostramos los pasos para la toma de datos del analizador de partículas.

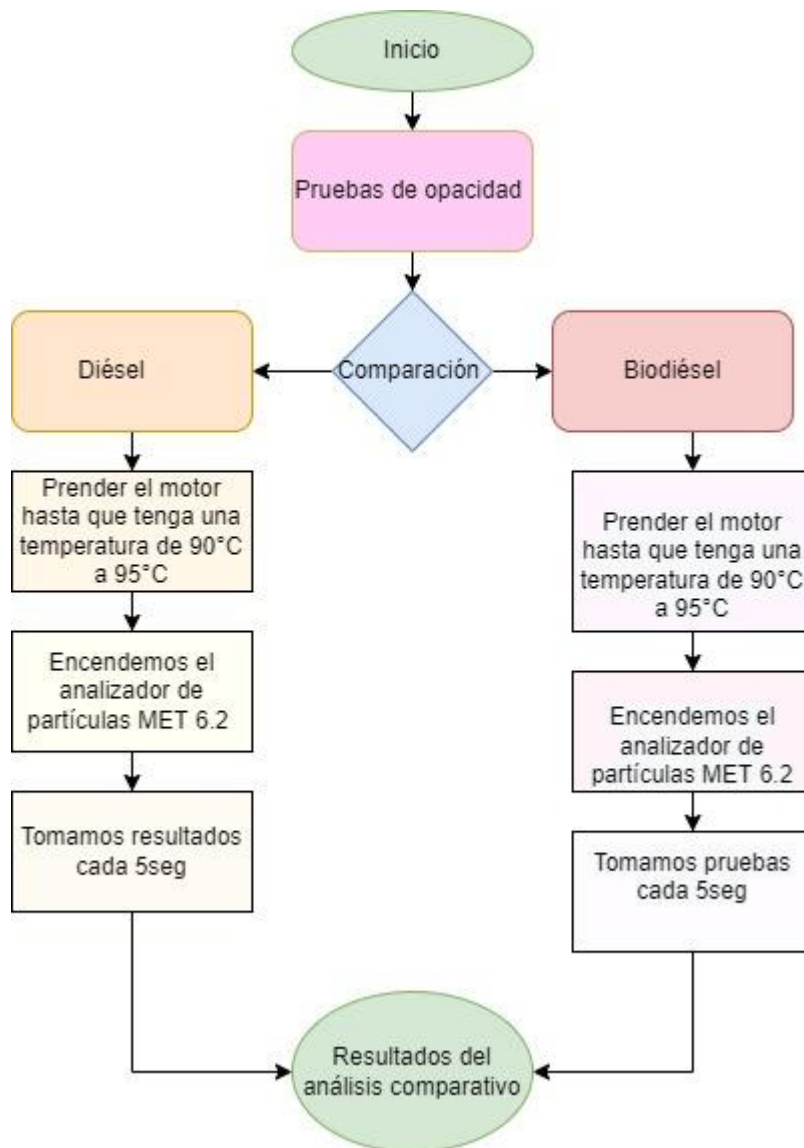


Figura 3.2. Diagrama de procesos para la toma de datos del analizador de partículas.

Fuente: Los Autores.

- Realizamos una inspección visual.
- Estado de la batería
- Filtro de aire
- Niveles correctos del líquido refrigerante, y aceite
- Colocamos diésel



Figura 3.3. Revisión del estado de la batería y filtro de aire.

Fuente: Los Autores

- Encendemos el motor durante 15min hasta tener la temperatura de 90°C a 95°C para tomar las muestras de opacidad.



Figura 3.4. Prueba de encendido del motor de prueba Hyundai Santa Fe CRDI.

Fuente: Los Autores

- Conectamos a la red eléctrica y procedemos a encender el analizador de partículas hasta que establezca la señal se procede a conectar al motor mediante sonda.



Figura 3.5. Encendido y calibración del analizador de partículas MET 6.2.

Fuente: Los Autores.

3.1.4 Conexión del analizar de partículas al motor de prueba

El diagrama nos muestra la conexión del analizador de partículas MET 6.2 al motor 2.0 CRDI Hyundai Santa Fe.

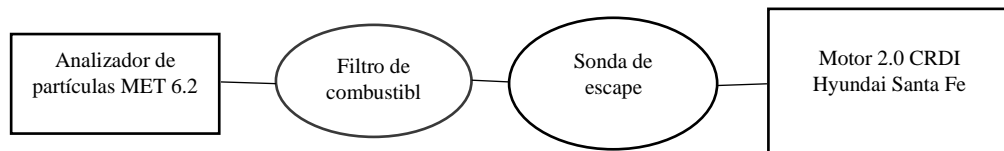


Figura 3.6. Diagrama de analizador de partículas.

Fuentes: Los Autores

3.1.4.1 Colocamos un filtro de combustible entre la manguera y la sonda



Figura 3.7. Filtro de combustible del analizador de partículas.

Fuente: Los Autores

3.1.4.2 Colocamos la sonda en escape

- En el motor previamente a temperatura de funcionamiento colocamos la sonda en el tubo de escape.



Figura 3.8. Salida del escape de motor Hyundai Santa Fe CRDI.

Fuente: Los Autores

- En el equipo registramos los datos a diferentes rangos de revoluciones del motor, a ralentí (800 rpm), 1500 y 2000 rpm.



Figura 3.9. Encendido del motor Hyundai Santa Fe CRDI.

Fuente: Los Autores

3.1.4.3 Toma de la muestra

- Sacamos 5 muestras cada 5seg.
- Cuando cambiamos de RPM dejamos enfriar la sonda por 10min.
- Para la toma de datos lo hacemos capturando una imagen con el celular.



Figura 3.10. Analizador de Partículas Met 6.2.

Fuente: Los Autores.

- Toma de datos con Biodiésel de microalgas.
- Vaciamos el depósito y posteriormente colocamos el biodiésel de microalga, dejamos en funcionamiento por 15min antes de tomar las pruebas.




Figura 3.11. Llenado de biodiésel en el depósito del motor Hyundai Santa Fe.

Fuente: Los Autores.

3.2 Resultado del análisis de partículas del Diésel Premium aplicado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI

3.2.1 Características del diésel Premium

Tabla 3.2. Cuadro característico del diésel Premium.

Características del Diésel Premium		
Parámetro	Estado	Análisis
Inflamación		52°C
Humo		Color negro
Color		Blanquecino - verde turquesa
Viscosidad		3,60mm ² /s
Aditivos		Queroseno isoalcano nitrato de etilhexil

Fuente: Los Autores.

3.2.2 Tabla de resultados de opacidad utilizando diésel Premium

En la Tabla 3.3, se indica la opacidad obtenida tomando en cuenta las condiciones más comunes de funcionamiento del motor a 800rpm, 1500rpm, y a 2000rpm estas pruebas tomando en consideración la variación del tiempo de cada 5seg.

Tabla 3.3 Datos de opacidad utilizando diésel.

Datos de opacidad utilizando Diésel					
	Tiempo				
RPM	5seg	10seg	15seg	20seg	25seg
800rpm	0,117	0,331	0,378	0,386	0,393
1500rpm	0,59	0,746	0,968	1,230	1,520
2000rpm	1,560	2,330	3,650	3,790	3,980

Fuente: Los Autores.

3.2.3 Cálculo de la Opacidad utilizando diésel Premium

La combustión se debe a altas temperaturas que alcanza por el aire comprimido, al final de esta carrera se inyecta diésel, al terminar el trabajo dentro de la cámara de combustión genera gases contaminantes los cuales son tomados en consideración con el analizador de partícula, tomando como dato el coeficiente de absorción de luz(k) mismo que servirá como dato para el cálculo de la opacidad del Diésel.

Tabla 3.4. Cálculo de opacidad.

Cálculo de la Opacidad	
Coefficiente de absorción (k)	Despejamos y obtenemos la ecuación de la opacidad
$K = \frac{1}{L} * \ln \left(1 - \frac{N}{100} \right)$	$N = 100 * [1 - e^{-(L*k)}]$
N = Opacidad	K = Coeficiente de absorción de luz
L = Longitud efectiva de paso óptico	

Fuente: Los Autores.

En esta tabla podemos mostrar el porcentaje de opacidad que obtenemos a partir del factor (K) el cual se tomó de las pruebas con combustible a Diésel Premium.

Tabla 3.5. Datos de opacidad utilizando Diésel.

Datos de opacidad utilizando Diésel						
RPM	Tiempo					Promedio de opacidad
	Opa 1	Opa 2	Opa 3	Opa 4	Opa 5	
800rpm	7.840%	20.625%	23.186%	23.614%	23.986%	19.850%
1500rpm	33.750%	40.583%	49.111%	57.615%	65.381%	49.288%
2000rpm	66.333%	80.328%	92.169%	92.898%	93.780%	85.102%

Fuente: Los Autores

En la siguiente gráfica, podemos observar un crecimiento prolongado a medida que aumentamos las revoluciones del motor.

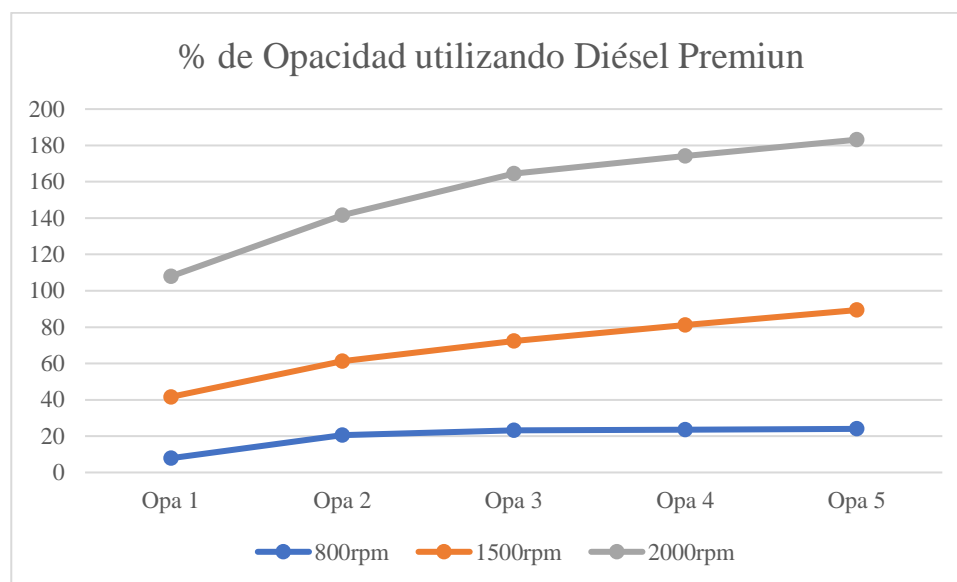




Figura 3.12. Gráfica de opacidad usando diésel Premium.

Fuente: Los Autores.

3.3 Resultado del análisis de opacidad del Biodiésel de microalgas empleado en el motor Hyundai Santa Fe CRDI

3.3.1 Características del biodiésel de microalgas

Tabla 3.6 Particularidades principales del Biodiésel de microalgas en pruebas.

CARACTERÍSTICAS DEL BIODIESEL DE MICROALGAS		
Parámetro	Estado	Análisis
Inflamación		150°C
Humo		Color Gris
Color		Verde Esmeralda
Viscosidad		4,91 mm ² /s
Aditivos		0

Fuente: Los Autores.

3.3.2 Tabla de resultados de opacidad utilizando biodiésel de microalgas

En este apartado se presenta la tabla 3.7. que son los resultados obtenidos del analizador de partículas utilizando biodiesel de microalgas se realiza la prueba cada 5seg tomando así 5 muestras por tiempo y a varias revoluciones del motor, comenzando de 800rpm (ralentí), 1500rpm y 2000 rpm.

Tabla 3.7. Datos de opacidad usando biodiésel.

Datos del coeficiente de absorción de luz (K)					
	Tiempo				
RPM	5seg	10seg	15seg	20seg	25seg

800rpm	0,259	0,37	0,441	0,441	0,341
1500rpm	0,452	0,987	1,450	1,450	0,985
2000rpm	2,170	2,970	3,760	3,760	2,650

Fuente: Los Autores

Dicho cálculo toma los siguientes procesos matemáticos que se deben efectuar para calcular la opacidad.

3.3.3 Cálculo de la Opacidad utilizando biodiésel de microalgas

Tabla 3.8. Cálculo de opacidad para biodiésel.

Cálculo de la Opacidad	
Coeficiente de absorción (k)	Despejamos y obtenemos la ecuación de la opacidad
$N = 100 * [1 - e^{-(l*k)}]$	$N = 100 * [1 - e^{-(l*k)}]$
N = Opacidad	K = Coeficiente de absorción de luz
L = Longitud efectiva de paso óptico	

Fuente: Los Autores

Aplicamos la fórmula para obtener los datos de la opacidad al momento de utilizar biodiesel de microalga, misma que varía de acuerdo con el coeficiente de absorción de luz (k).

Tabla muestra los resultados de opacidad utilizando biodiesel de microalga

Tabla 3.9. Tabla de resultados de opacidad utilizando biodiésel de microalga.

Datos de opacidad utilizando Biodiésel de microalga						
	Porcentaje de					Promedio de opacidad
RPM	Opa 1	Opa 2	Opa 3	Opa 4	Opa 5	
800rpm	12.111%	18.435%	21.823%	21.823%	17.335%	18.306%
1500rpm	22.302%	42.364%	55.492%	55.492%	42.300%	43.590%
2000rpm	70.224%	80.950%	87.744%	87.744%	77.224%	80.777%

Fuente: Los Autores.

En la siguiente gráfica podemos ver cómo crece paulatinamente, pero una vez llega a su máximo de opacidad esta empieza a descender.

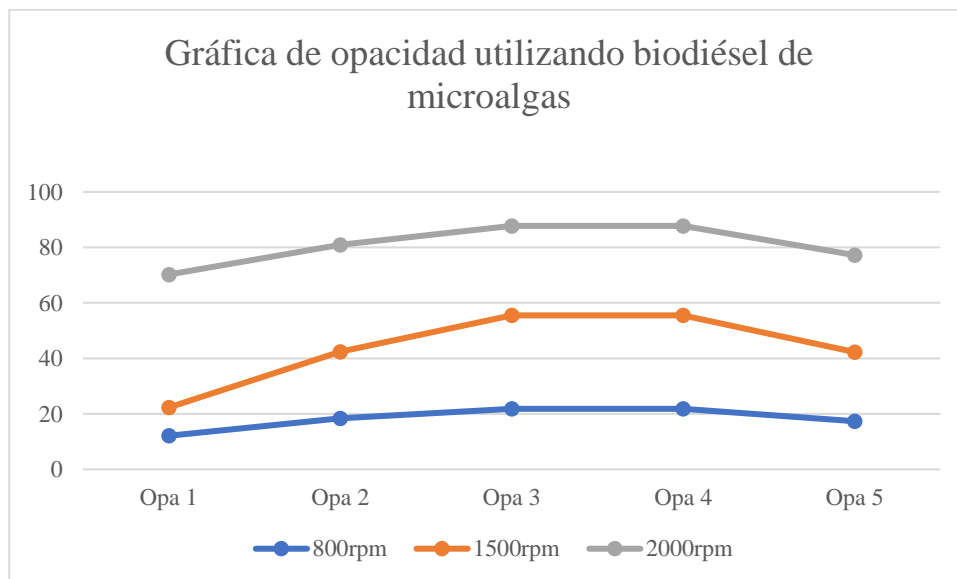


Figura 3.13. Gráfica de opacidad usando biodiésel de microalgas.
Fuente: Los Autores.

CONCLUSIONES

Terminado el proyecto de fin de titulación se concluye lo siguiente:

- ✓ Con ciertos artículos, pero además de la información obtenida se experimentó nuevos métodos para la extracción de aceite de microalga.
- ✓ La extracción de aceite de microalgas utilizando el método Termo Químico es un método viable y biosostenible el cual podemos utilizar para extraer aceite a mayor escala
- ✓ El Biodiésel de microalga lleva un proceso de contaminación prolongada hasta que el motor llega a la temperatura adecuada este tiende a mantener el nivel de opacidad y posteriormente tiende a bajar el nivel de contaminación dando como resultado una opacidad menor que el diésel Premium ya que este tiende a crecer a mayores revoluciones del motor.
- ✓ Al momento de probar el biodiésel de microalgas se pudo comprobar que el funcionamiento cambio a hacerlo un mínimo más silencioso, además de que el motor de prueba desprendía por el tubo de escape un olor diferente muy raro pero que por lo general se percibió a plantas.

RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo y pruebas realizadas para culminar este trabajo de titulación se recomienda que:

- ✓ El motor Hyundai Santa Fe del laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana con sede en Cuenca para el correcto funcionamiento debe estar entre 90° C a 95° C aproximadamente o revisar el manual del vehículo.
- ✓ Para la siembra de microalgas tener presente todos los factores importantes del medio ambiente o hábitat para tener una buena cosecha y por ende un alto índice de aminoácidos.
- ✓ Al momento de cosecha de las microalgas llevar los materiales y vestimenta adecuada para el manejo y manipulación de las microalgas.
- ✓ Para la transformación de aceite de microalgas a biodiésel de microalgas, mezclar las cantidades exactas de materiales para no llegar a desperdiciar el aceite ya que se perdió una gran cantidad en las pruebas de transformación.
- ✓ El equipo de seguridad como: mascarillas, guantes, mandil, etc. Serán muy importante al manejo y obtención del biodiésel de las microalgas por eso es importante llevarlos puestos para evitar algún inconveniente o percance.

BIBLIOGRAFÍA

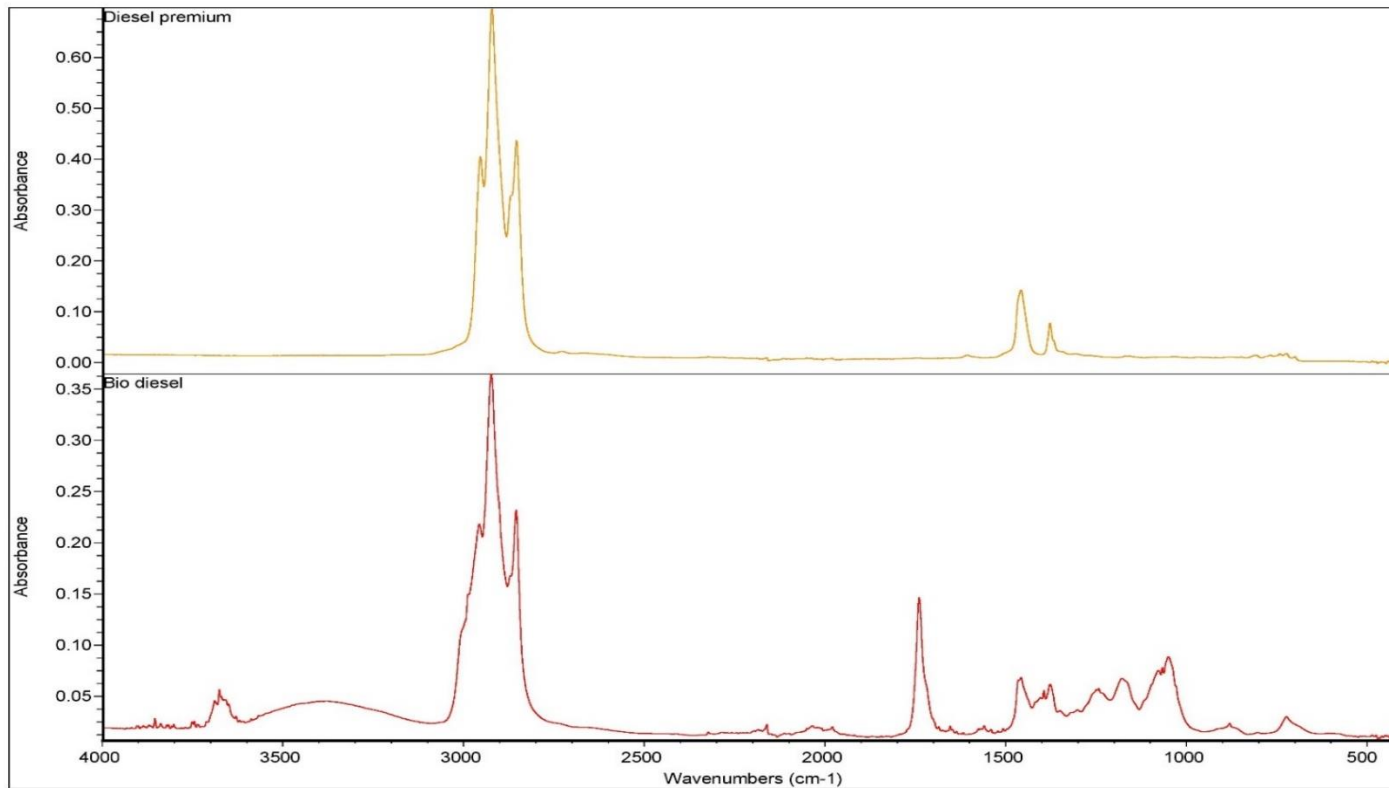
- Andes, L. (2018). *El ingrediente revoluciona la alimentación saludable*. Obtenido de <https://www.losandes.com.ar/que-es-la-harinas-de-microalgas-el-ingrediente-revoluciona-la-alimentacion-saludable/>
- Archanaa, S. M. (2012). *"Chlorophyll interference in microalgallipid quantification through the Bligh and Dyer method"*. Biomass and Bioenergy.
- Arias Peñarando, M. M. (2013). *Producción de biodisel a partot de microalgas: parámetros del cultivo que afectan la producción de lípidos*. Colombia: Acta biológica Colombiana.
- Barraza, C. C. (2009). *Producción de biodisel a partir de microalgas*. Valparaiso: Pontificia Universidad Católica de Valparaiso.: Monografía.
- Benítez, A. d. (2013). *Composición de esteres metilicos del biodiesel obtenido de semilla de Flamboyan*.
- Bošnjaković, M. (2013). *Biodiesel from algae*. . Mechanics Engineering and Automation.
- Bosnjakovic, M. (2013). *Biodiesel from algae. Mechanics Engineering and Automation*.
- Calle, E. (2001). *km77.com*. Obtenido de km77.com: <https://www.km77.com/coches/hyundai/santa-fe/2001/estandar/gls/santa-fe-20-cr-di-gls/datos>
- Cárdenas, P. (2010). *Biodiesela partir de microalgas Antárticas. Estudio parámetros de crecimientos de éstas. Trabajo de grado*. Punta Arenas: Universidad de Magallanes.

- Cho, S. L. (2013). *Microalgae cultivation for bioenergy production using wastewaters from a municipal WWTP as nutritional sources*. *Bioresource Technology*. Bioresource Technology,.
- Clarín. (2018). Obtenido de https://www.clarin.com/mundo/vacas-eco-friendly-alimentan-algas-marinas-reducir-emisiones-metano_0_SkZ7IpUDX.html
- Edwin RAMIRO Cabrera Avila, C. E. (2019). *Análisis de la opacidad del parque automotor diésel mediante una comparación con las redes de monitoreo de la calidad del aire en el centro histórico del cantón Cuenca*. Obtenido de *Análisis de la opacidad del parque automotor diésel mediante una comparación con las redes de monitoreo de la calidad del aire en el centro histórico del cantón Cuenca*.: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17786/1/UPS-CT008414.pdf>
- Fernández, C. M. (2012). *Producción de Biocombustible a partir de algas*. Ra Ximhai, 8.
- Gavilanez, F. M. (2013). *Taller de biotecnología de microalgas y cianobacterias*. Quito: Instituto de Ciencias Básicas UCE.
- Gendy, T. &.-T. (2013). *Commercialization potential aspects of microalgae for biofuel production: An overview*. *Egyptian Journal of Petroleum*.
- González, Á. K. (2009). *Desarrollo de métodos de extracción de aceite en la cadena de producción de biodiesel a partir de microalgas*. Prospect.
- Goñi Delión, J. C., & Rojas Delgado, M. (2016). *Manual de combustibles alternativos y tecnología automotriz*. Lima: Universidad de Lima.
- Halim, R. D. (2012). *Extraction of oil from microalgae for biodiesel production: A review*. *Biotechnol Adv*. Biotechadv doi.
- Halim, R. D. (s.f.). *Extraction of oil from microalgae for biodiesel production: A review*. .
- Kagelmacher, E. (09 de septiembre de 2013). *Gases y normas*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/estebankagelmacher/gases-y-normas>
- LIAHIMPORTACIONES. (2022). Obtenido de <https://lealimportaciones.com/shop/maha/opacimetro-met-6-2/>
- Linde. (2022). Obtenido de www.linde-gas.com
- Maha. (2019). *Medidor de gases de emisión*. Obtenido de Medidor de gases de emisión: <https://www.maha.es/es/productos/tecnologia-de-medicion-de-gases-de-escape/medidor-de-gases-de-emision/met-62~p2161>
- Manualslib. (2022). *MAHA LPS 3000 Manual Del Usuario*. Obtenido de Manualslib: <https://www.manualslib.es/manual/13623/Maha-Lps-3000.html#manual>

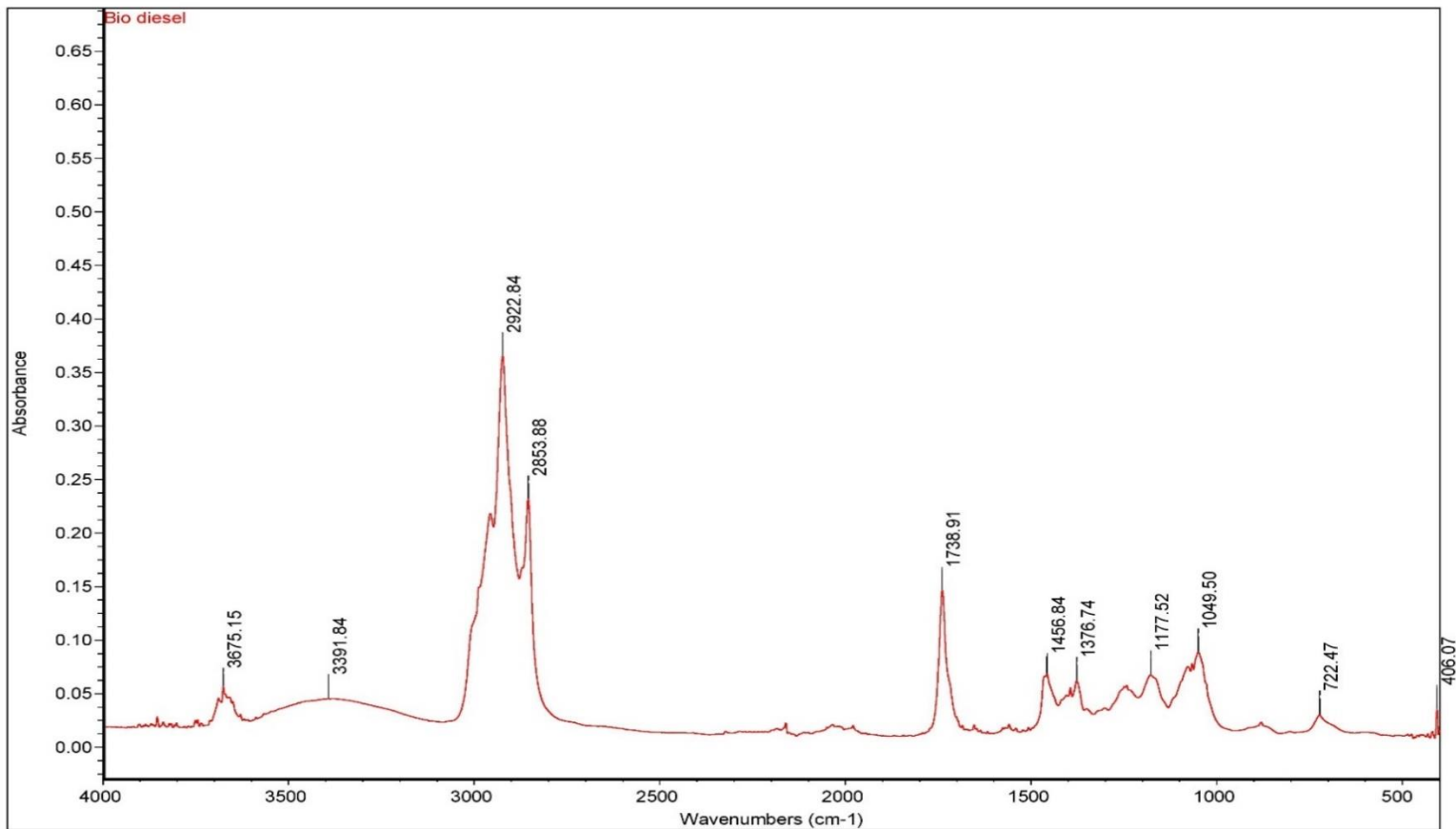
- Manualzz. (2022). *MGT 5/MDO2-LON - MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH*.
Obtenido de Manualzz: <https://manualzz.com/doc/42627027/mgt-5-mdo2-lon---maha-maschinenbau-haldenwang-gmbh>
- Martínez, G. &. (2009).
- Mchenry, M. P. (2013). "*Hybrid microalgal biofuel, desalination, and solution mining systems: Increased industrial waste energy, carbon, and water use efficiencies.*".
Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change.
- Monthieu, C. (2010). *Estudio técnico económico de la extracción de los lípidos de las microalgas para la producción de biodiesel*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Patel, S. y. (2013). "*Current and prospective insights on food and pharmaceutical applications of spirulina.*". Current Trends in Biotechnology and Pharmacy.
- Plymovent. (2017). *Los peligros causados por humos diésel siguen sin evitarse lo suficiente*. Plymovent Group BV.
- Subashchandrabose, R. S. (2013). "*Mixotrophic cyanobacteria and microalgae as distinctive biological agents for organic pollutant degradation.*". Environment international.
- Teher, H. A.-Z.-M. (2014). *Effective extraction of microalgae lipids from wet biomass for biodiesel*. Biomass and Bioenergy.
- Valencia, G. (2008). *Trazabilidad en las Mediciones de Opacidad*. Obtenido de Trazabilidad en las Mediciones de Opacidad:
https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/m1/sm2008-m113-1072.pdf
- Van Den Hende, S. V. (2012). "*Flue gas compounds and microalge: (bio-)chemical interactions leading to biotechnological opportunities.*". Biotechnology advances, 30(6).

ANEXOS

En el presente gráfico presentamos la comparación de un biodiésel a base de microalgas y diésel Premium mediante los picos podemos comprobar la similitud la forma en la que tienen y los compuestos, el diésel está compuesto de alquenos y en la gráfica inferior de igual manera los picos nos indican presencia de alquenos.

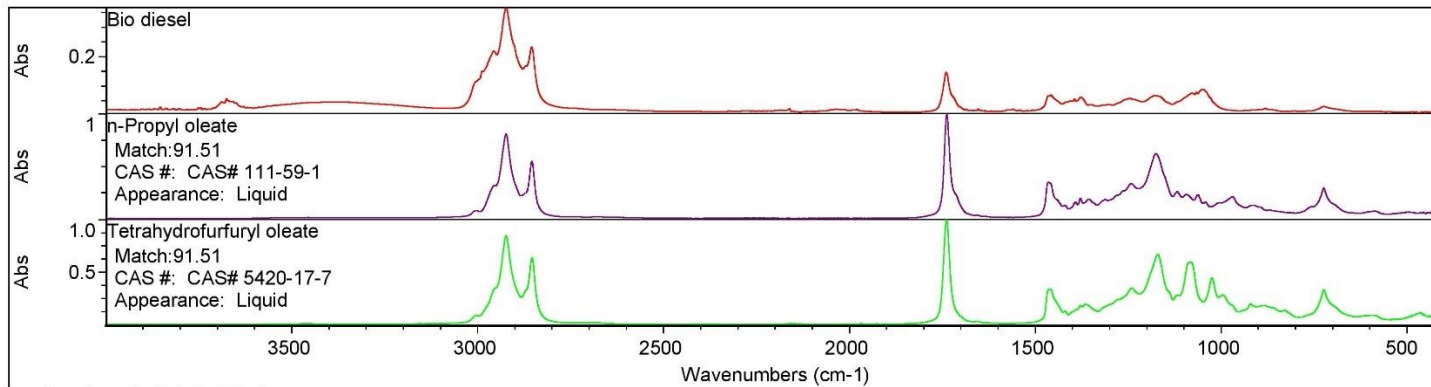


En la siguiente gráfica apreciamos los picos del biocombustible a base de microalgas que en la gráfica siguiente nos daremos cuenta al coincidir con los picos del combustible diésel con lo que podremos demostrar y comprobar los elementos necesarios para una combustión.



En la siguiente gráfica podemos apreciar una comparación de la estructura del biodiésel frente a otros compuestos que contienen los mismos compuestos del combustible.

Search results for: Bio diesel
 Date: Mon Feb 27 09:13:19 2023 (GMT-05:00)
 Search algorithm: Correlation
 Regions searched: 3495.26-2921.11



Search results list of matches

Index	Match	Compound Name	Library Name
1	156	91.51 n-Propyl oleate	HR Spectra Polymers and Plasticizers by ATR
2	157	91.51 Tetrahydrofurfuryl oleate	HR Spectra Polymers and Plasticizers by ATR

Para verificar una forma comparamos con picos de aceites con el aceite de las microalgas en las que podemos verificar una similitud en la forma y en los compuestos.

