



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: INVENTARIO DEL POTENCIAL GENERADOR DE
BIOMASA COMO FUENTE DE BIODIÉSEL EN MOTORES DIÉSEL**

AUTOR: CRISTIAN EDUARDO AYALA JÁTIVA

DIRECTOR: ING. CARLOS NOLASCO MAFLA YÉPEZ MSC.

IBARRA, 2019

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Concejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “**Inventario del potencial generador de biomasa como fuente de biodiésel en motores diésel**” presentado por el señor **Cristian Eduardo Ayala Játiva** con número de cédula 1003859715, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 23 días del mes de julio del 2019.

Atentamente



Ing. Mafla Carlos MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

En cumplimiento del Art.144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

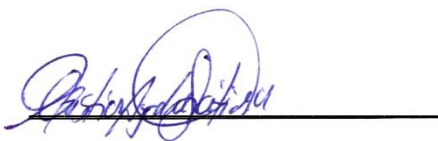
DATOS DE CONTACTO	
CEDULA DE IDENTIDAD:	1003859715
APELLIDOS Y NOMBRES:	Ayala Játiva Cristian Eduardo
DIRECCION:	Juan León Mera y Nicolás Hidalgo
EMAIL:	crisolfo2018@hotmail.com
TITULO:	Inventario del potencial generador de biomasa como fuente de biodiésel en motores diésel
AUTOR:	Ayala Játiva Cristian Eduardo
FECHA:	23/07/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Mafla Carlos MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 23 días del mes de julio del 2019

AUTOR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Cristian Eduardo Ayala Játiva', is written over a solid black horizontal line.

Firma

Cristian Eduardo Ayala Játiva

1003859715

DEDICATORIA

El presente Trabajo es dedicado a mis abuelos Clariza y Milton quienes me criaron y me formaron como un hombre de bien capaz de resolver los problemas de mi vida, a mis padres por su apoyo en mi vida universitaria. También deseo dedicar este trabajo a mi hermana y familiares los cuales con su ayuda logre resolver varios problemas a lo largo de mi permanencia en la universidad.

Cristian Eduardo Ayala Játiva

AGRADECIMIENTO

Primeramente, mi más sincero agradecimiento a Dios por darme la salud y las oportunidades a lo largo de mi vida para poder cumplir este sueño.

A mis docentes, en especial al Ing. Carlos Mafla los cuales desde mi primer día universitaria supieron formar e instruir durante mi formación como profesional.

Al departamento de Geomática de la Universidad Técnica del Norte por facilitarme en la adquisición del software Arcgis 10.4.

A los amigos Madeleine Villota y Andrés Chávez por su ayuda en el desarrollo de mi tesis.

Cristian Eduardo Ayala Játiva

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo general	1
1.1.2 Objetivos específicos	1
1.2 Justificación	1
1.3 Antecedentes	2
1.4 Inventario de biomasa	4
1.4.1 Biomasa	4
1.4.2 Tipos de biomasa	5
1.4.2.1 Biomasa primaria.	6
1.4.2.2 Biomasa secundaria.	6
1.4.2.3 Biomasa terciaria.	6
1.5 Características de la provincia de imbabura	6
1.5.1 Principales actividades económicas de la población	7
1.6 Geo codificación	8
1.6.1 Sistemas de información geográfica (S.I.G)	8
1.6.2 Software ARCGIS	9
1.6.3 Arcmap	9
1.6.3.1 Tareas habituales de ArcMap	9
1.7 Materia prima con mayor potencial oleaginoso	9
1.7.1 Higuerilla	9
1.7.1.1 Características botánicas	10
1.7.1.2 Origen	11
1.7.1.3 Condiciones agroecológicas	11
1.7.1.4 Variedades botánicas en Ecuador	11
1.7.1.5 Presencia de higuerilla en Imbabura	11
1.7.2 <i>Jatropha curcas</i> (piñon).	12
1.7.2.1 Características botánicas.	12
1.7.2.2 Origen	13
1.7.2.3 Condiciones agroecológicas	13
1.7.2.4 Variedades botánicas en Ecuador	13
1.7.2.5 Presencia de <i>Jatropha</i> en Imbabura	13
1.7.3 Colza (canola)	14
1.7.3.1 Características botánicas.	14
1.7.3.2 Origen	15
1.7.3.3 Condiciones agroecológicas	15

1.7.3.4 Variedades botánicas en Ecuador	15
1.7.3.5 Presencia en Imbabura	15
1.7.4 Palma (africana)	16
1.7.4.1 Características botánicas.	16
1.7.4.2 Origen	17
1.7.4.3 Condiciones agroecológicas	17
1.7.4.4 Variedades botánicas en Ecuador	17
1.7.4.5 Presencia de palma en Imbabura	18
1.7.5 Soya	18
1.7.5.1 Características botánicas	18
1.7.5.2 Origen	19
1.7.5.3 Condiciones agroecológicas	19
1.7.5.4 Variedades botánicas en Ecuador	20
1.8 Diésel en el Ecuador	20
1.8.1 Diésel premium	20
1.8.2 Consumo de diésel premium en Imbabura	20
1.8.3 Normativa inen en el Ecuador	21
1.9 Bioenergía en el Ecuador	23
1.9.1 Biocombustibles	24
1.9.2 Bioetanol	24
1.9.3 Biodiésel	24
1.10 Propiedades del biodiésel	24
1.10.1 Biodiésel mezcla	26
1.10.1.1 Biodiésel de primera generación	26
1.10.1.2 Biodiésel de segunda generación	26
1.10.1.4 Biodiésel de cuarta generación	27
1.10.1.5 Ventajas del biodiésel	27
1.10.1.6 Desventajas del biodiésel	27
1.11 Contaminación ambiental	28
1.11.1 Contaminación producida por vehículos de motor diésel	28
1.11.1.1 Monóxido de carbono (CO)	28
1.11.1.2 Óxido de nitrógeno (NOx).	29
1.11.1.3 Hidrocarburo	29
1.11.1.4 Material particulado	29
1.11.1.5 Dióxido de carbono (CO ₂).	29
1.11.2 Opacidad	30
1.11.3 Emisiones contaminantes norma europea	31
2. MATERIALES Y MÉTODOS	33
2.1 Materias primas para la producción de biodiésel	33
2.1.1 Aceite	33
2.1.2 Alcohol metanol	33
2.1.3 Catalizador	33

2.1.4 Reactor	34
2.2 Características del motor mitsubishi 4d31t	34
2.2.1 Método para la medición de gases de escape	35
2.2.2 Equipamiento para mediciones	35
2.2.2.1 Analizador de gases	35
2.2.2.2 Tacómetro y medidor de temperatura	36
2.2.2.3 Software ARCGIS 10.4	36
2.3 Metodología	36
2.3.1 Criterios de selección de plantas	36
2.3.2 Elección de la biomasa con mayor potencial	37
2.3.2.1 Características del piñón	37
2.3.2.2 Dendometría del piñón	37
2.3.3 Características de la palma	38
2.3.3.1 Dendometría de la palma	38
2.3.4 Matriz de decisión	39
2.3.5 Proceso de producción de biodiésel	41
2.3.6 Transesterificación	41
2.3.7 Elaboración del biodiésel	42
2.3.8 Procedimiento	44
2.3.9 Zonificación para el cultivo de piñón y palma	46
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1 Producción del piñón	47
3.2 Producción de palma	47
3.3 Resultados de transesterificación	48
3.4 Pruebas de emisiones de gases con diésel	48
3.5 Pruebas de emisiones de gases con biodiésel	49
3.5.1 Pruebas con biodiésel palma B5	53
3.5.2 Pruebas con biodiésel palma B10	53
3.5.3 Pruebas con biodiésel B5 piñón	54
3.5.4 Pruebas con biodiésel B10 piñón	55
3.5.5 Porcentajes de reducción de emisiones	55
3.6 Análisis de la demanda de biodiésel B100	56
3.7 Zonificación arcgis para cultivo de piñón	58
3.8 Zonificación arcgis para cultivo de palma	59
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
4.1 Conclusiones	61
4.2 Recomendaciones	63
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.		PÁGINA
1.1	Clasificación botánica de la Higuera	10
1.2	Requerimientos climáticos y edáficos	11
1.3	Clasificación botánica de la Jatropha Curcas	12
1.4	Requerimientos climáticos y edáficos	13
1.5	Clasificación botánica de la Colza	14
1.6	Requerimientos climáticos y edáficos	15
1.7	Clasificación botánica de la Palma	16
1.8	Requerimientos climáticos y edáficos	17
1.9	Clasificación botánica de la Soya	18
1.10	Requerimientos climáticos y edáficos	19
1.11	Especificación de normas INEN	22
1.12	Requisitos del Diésel Premium	23
1.13	Requisitos para biodiésel mezcla B 100 en Ecuador	24
1.14	Requisitos para biodiésel mezcla B 10 en Ecuador	25
1.15	Contaminación producida por el motor diésel	30
1.16	Factores de emisiones medias de diésel común comparadas a biodiésel B10	31

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS NÚM.	PÁGINA	
1.1	Proceso fotosintético	5
1.2	Tipos de Biomasa	6
1.3	Mapa Satelital de la provincia de Imbabura	7
1.4	Geo codificación	8
1.5	Muestra botánica de la higuerilla	10
1.6	Muestra botánica <i>Jatropha curcas</i>	12
1.7	Muestra botánica Colza	14
1.8	Muestra botánica Palma	16
1.9	Muestra botánica Soya	19
1.10	Consumo diésel por provincias	21
1.11	Límites de emisiones por contaminante para vehículos turismo	31
2.1	Analizador de Gases “KANE”	35
2.2	Tacómetro y medidor de temperatura	36
2.3	Semilla de piñón	37
2.4	Semillas de Palma	38
2.5	Esquema de la reacción de transesterificación con metanol	42
2.6	Nivel de pH de metóxido de sodio	44
2.7	Reactor casero	44
2.8	Separación del biodiésel de palma	45
2.9	Niveles de pH del biodiésel	46
3.1	Zonas aptas para el cultivo de Piñón	58
3.2	Zonas aptas para el cultivo de Palma	59

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	PÁGINA
1. Muestras de biodiésel B5 y B10	70
2. Parámetros de cetano y temperatura de Palma B5	71
3. Parámetros de cetano y temperatura de Palma B10	72
4. Parámetros de cetano y temperatura de Piñón B5	73
5. Parámetros de cetano y temperatura de Piñón B10	74
6. Datos obtenidos de emisiones Palma B5	75
7. Datos obtenidos de emisiones Palma B10	76
8. Datos obtenidos de emisiones Piñón B5	77
9. Datos obtenidos de emisiones Piñón B10	78

RESUMEN

Es determinante encontrar alternativas más amigables con el medio ambiente, debido que los gases contaminantes de la combustión no solo afectan a la capa de ozono sino también a la salud del ser humano, el presente proyecto está enfocado al estudio de dos oleaginosas con mayor potencial generador de biomasa para la fabricación de biocombustibles para motores diésel, las cuales deben dar cumplimiento al decreto 1303 de 2 012 en el cual menciona que la producción de biocombustibles no debe perjudicar el sistema alimentario del país ni tampoco afectar el derecho al agua, por medio del Software Arcgis se determinó las zonas más aptas para el cultivo de las oleaginosas *Jatropha Curcas* y *Elaeis guineensis* las cuales poseen una concentración de aceite mayor a otras plantas investigadas y prometedores rendimientos en el campo de los biocombustibles. Se generaron muestras de las dos plantas brindándonos resultados positivos ya que la oleaginosa *Jatropha Curcas* posee una eficiencia de 82,81% en el proceso de elaboración de biodiésel y consta con 24 431,286 hectáreas aptas para su cultivo mientras que *Elaeis guineensis* posee una eficiencia de 65% en la elaboración de biodiésel y consta de 78 021,17 hectáreas aptas para su cultivo ambos estudios fueron orientados para el cultivo en la provincia de Imbabura y su demanda de 33,04 millones de galones anuales de Diésel Premium. Las pruebas posteriores a la de eficiencia del biocombustible fueron las de emisiones contaminantes, para lo cual fue utilizado un motor de un camión Mitsubishi modelo Canter del año 1995, en el cual por medio de un analizador de gases marca “KANE”, un tacómetro y medidor de temperatura se logró obtener datos de los principales gases contaminantes dependiendo de la concentración de la mezcla de biodiésel y su densidad de aceite, aquellas pruebas fueron realizadas a diferentes revoluciones en un motor estacionario, los mejores resultados fueron los obtenidos con las mezclas B10, cabe mencionar que la mezcla B10 de piñón fue la que mejores resultados obtuvo llegando a obtener a 2 500 rpm 96,3 ppm y 0,11 en CO% Vol. y una reducción del 60,33% en emisiones. Se logró demostrar una calidad alta en las muestras de biodiésel ya que estas muestras pasaron por algunos procesos de lavado y filtración de biocombustible reduciendo considerablemente las emisiones de gases contaminantes, cumpliendo así el plan nacional del buen vivir la cual es una norma implantada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización Vehicular.

ABSTRACT

It is determinant to find alternatives more friendly with the environment and the combustion gases of combustion not only at the same time as the health of the human being, the present project is focused on the study of two oilseeds with greater potential biomass generator for diesel engines. that they must comply with decree 1303 of 2012 in which it is said that the production of biofuels should not harm the country's food system nor do they have the right to water, through the software Arcgis it was determined the most Suitable for the cultivation of oilseeds, *Jatropha Curcas* and *Elaeis guineensis* which are found in a higher concentration of oil than other investigated plants and promising yields in the change of biofuels. Samples of the two plants were generated giving positive results as the oilseed *Jatropha Curcas* has an efficiency of 82.81% in the process of biodiesel production and consists of 24 431,286 hectares of work for the crop while *Elaeis guineensis* is one of 65% people in the production of biodiesel and consists of 78 021.17 hectares for its cultivation, both studies, oriented for the cultivation in the province of Imbabura and its demand for 33.04 million gallons of Diesel Premium. The tests subsequent to the efficiency of biofuel were those of polluting emissions, for which a Mitsubishi Canter model truck engine was used in 1995, in which it was the medium for a gas analyzer marked "KANE", a tachometer and meter temperature Information on the results is obtained. Work deliveries Environment of the biodiesel mixture temperature and its oil density. It should be noted that the B10 mixture of pinion was the best results were obtained to obtain 2 500 rpm 96.3 ppm and 0.11 in CO% vol. and a reduction of 60.33% in emissions. A high quality can be demonstrated in biodiesel samples since these samples are transmitted in some of them, which describe how a standard implemented by the Instituto Ecuatoriano de Normalización Vehicular.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un inventario de plantas oleaginosas, para determinar el potencial generador de biomasa como fuente de biodiésel para motores diésel.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Investigar las fuentes de biomasa disponibles en la provincia de Imbabura
2. Determinar dos fuentes de biomasa con mayor potencial energético.
3. Realizar una comparación de resultados de las dos muestras de biomasa como fuente de biodiésel.
4. Identificación de zonas aptas para la producción de biodiésel en Imbabura.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Según el “Convención de Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, los países desarrollados tanto como los de vía en desarrollo, están establecidos en el inciso 1 de Artículo 4 de la Convención. Entre las partes más relevantes menciona que se debe actualizar, elaborar y publicar periódicamente tanto un inventario nacional de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero, como programas nacionales o regionales de mitigación y adaptación a los impactos derivados del cambio climático.

La convención reconoce el compromiso de países en desarrollo y dependerá de la ayuda financiera y técnica proporcionada por países desarrollados, se dará especial consideración a países menos desarrollados, lo cual fue acordado por el Convenio de las Naciones Unidas en el año 1992.

En América Latina Brasil y Argentina son los países más representativos en la producción de biocombustibles, encontrándose en la segunda y tercera generación de investigación y desarrollo.

El Programa de Gobierno 2013-2017, en el apartado Revolución Ecológica, menciona que, Apuesta por la transformación productiva bajo un modelo eco-eficiente con mayor valor económico, social y ambiental. En este sentido, se plantean como prioridades la

conservación y el uso sostenible del patrimonio natural y sus recursos naturales, la inserción de tecnologías ambientalmente limpias, la aplicación de la eficiencia energética y una mayor participación de energías renovables, así como la prevención, el control, la mitigación de la contaminación y la producción, el consumo y el post consumo sustentable.

La realización de un inventario del potencial generador de biomasa como fuente de biodiésel, contribuirá a promover el desarrollo de energías más amigables con el medio ambiente sin afectar la soberanía alimentaria ni el derecho del agua como lo menciona el Art. 15 Según el Decreto ejecutivo 13013 del año 2012.

1.3 ANTECEDENTES.

El biodiésel es la resultante de una reacción química de grasas animales o vegetales, el cual al mezclarse con combustibles fósiles reducen las emisiones contaminantes. Se puede obtener de plantas vegetales bioetanol y biodiésel por medio de un proceso llamado transesterificación, para poderlos identificar el bioetanol se lo denomina EX y para el biodiésel BX, donde la X representa el porcentaje de mezcla, entre los más comunes se encuentran E5, B7 y B 10.

En Europa el biodiésel es mayormente comercializado representando un 82% de la producción de biocombustibles, ya que los biocombustibles reducen los gases de efecto invernadero, y su producción se realiza siempre y cuando exista la restricción de no afectar a la pérdida de bosques y de productos alimenticios.

En Nueva York el 9 de mayo de 1992 se realizó La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en este convenio se habla sobre la reducción de emisiones, se tomó en cuenta que la mayor parte de gases de efecto invernadero lo producen los países desarrollados.

El convenio de las Naciones Unidas muestra datos de reducción de emisiones como: 8% para la Unión Europea, 7% para EEUU, 6% Canadá y Japón, y un crecimiento restringido de emisiones para países en situaciones especiales, como Australia 8% e Islandia 10%.

Art. 7, sección 2, establece que las partes reconocen que la adaptación es un desafío mundial que incumbe a todos, con dimensiones locales, nacionales, regionales e internacionales, y que es un componente fundamental de la respuesta mundial a largo plazo frente al cambio climático y contribuye a esa respuesta, cuyo fin es proteger a las personas, los medios de vida y los ecosistemas, teniendo en cuenta las necesidades urgentes e inmediatas de las Partes

que son países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático así lo menciona, El Convenio de las Naciones Unidas sobre el cambio climático reformado en el año 2015.

Según el Decreto ejecutivo 13013 del año 2012 señala que: “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua” (Decreto ejecutivo 13013, 2012, pág. 01).

La agricultura en el Ecuador es una de las principales fuentes de mayor ingreso para el país, es la actividad económica que mayor aporte produce al PIB con un 14%, generando empleo para 1 800.000 personas, que equivale al 62 % de la población ocupada en el área rural y es la segunda actividad que genera divisas después del petróleo con el 37% del total exportado (Magap, 2016, pág. 99).

América del sur es un continente con excedente de reservas de divisas con un resultado de 45,3 mil millones generadas en 1990 y 609,9 mil millones en 2012, esta característica de capital es necesario ser aprovechada para que la región impulse las transformaciones estructurales que requiere.

En 1936 empezó la conservación de la biodiversidad con la designación de Galápagos como Parque Nacional y se profundizó en 1993 a partir de la ratificación del Convenio de Diversidad Biológica.

La Constitución del 2008 en el artículo 405 menciona que: “El sistema de Áreas Protegidas garantizará la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de sus funciones ecológicas, y su regulación serán ejercidas por el Estado, que asignará los recursos económicos para su sostenibilidad financiera del sistema”.

Según el Decreto ejecutivo 13013 del año 2012 declara que: “Es de interés nacional el desarrollo de biocombustibles en el país como medio para el impulso del fomento agrícola. La producción, el uso y el consumo de los biocombustibles responderán a una estrategia inclusiva de desarrollo rural, precautelando la soberanía alimentaria y sostenibilidad ambiental”.

ECOPAIS es un proyecto por parte del estado ecuatoriano para el uso de nuevas tecnologías ambientales de bajo impacto el cual genera plazas de trabajo y ahorra millones de dólares por la obtención del petróleo. En un estudio realizado por “Ecopais” dio como resultado que

en las ciudades de altura se puede aumentar la potencia de un motor en 0,42% y dependiendo de la potencia del vehículo otros han alcanzado 7,18% por mayor presencia de oxígeno en la mezcla, el torque puede aumentar 1,52% usando una mezcla 5% de etanol y gasolina, llegando a 87 octanos a revoluciones bajas del motor, También se determinó que disminuye el CO y HC aumentando e NOx y el CO2 (Madrid, 2015, pág. 05)

En Ecuador se habla de la matriz productiva la cual supone una interacción científico-técnica, en las que se producen cambios constitutivos del proceso y la estructura productiva anual, hacia nuevas formas de producir.

En la ciudad de Ibarra en el año 2 007 empezó a funcionar un programa de investigación y producción de biocombustibles en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), el cual fue apoyado por la Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo de biocombustibles y también fue financiado por la Universidad Politécnica de Madrid a partir del 2008 con la aprobación y cooperación de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (Senescyt).

1.4 INVENTARIO DE BIOMASA

Un inventario es un listado de especies vivas e inertes presentes en un lugar específico dentro de una zona determinada como por ejemplo la provincia de Imbabura. Un inventario sobre biomasa es una técnica de recolección de información necesaria para la toma de decisiones al momento de escoger la oleaginosa con la mayor capacidad de producción de aceite y su fácil adaptación a las condiciones climáticas de la zona. La información manejada debe ser confiable y justificada para no incumplir decretos nacionales ni normas ambientales. El inventario es la fase preliminar de una planificación, en la cual se establecen objetivos alcanzables dependiendo de las zonas en donde se va a realizar dicha recolección de datos. Esta fase de obtención de datos se la conoce como inventario del potencial generador de biomasa. (Tipanluisa, 2014, pág. 09).

1.4.1 BIOMASA.

La biomasa es una fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal, de la silvicultura y de las industrias conexas de las cuales se pueden obtener energía incluidas también de la pesca y la acuicultura, así como la fracción biológica degradable de los residuos procedentes de las industrias y municipio (Herguedas & Taranco, 2012, pág. 04).

La energía que acumula la biomasa se origina del sol, a partir de un proceso denominado fotosíntesis como se puede observar en la Figura 1.1 a base de la energía de la biomasa es la clorofila ya que actúa como un semiconductor que logra que la energía proveniente del sol, agua del suelo y el CO_2 de la atmósfera se transforme en energía química almacenando en ellas sustancias orgánicas (energía) y liberando oxígeno durante el proceso (Fernandez; et al, 2015, pág. 07).

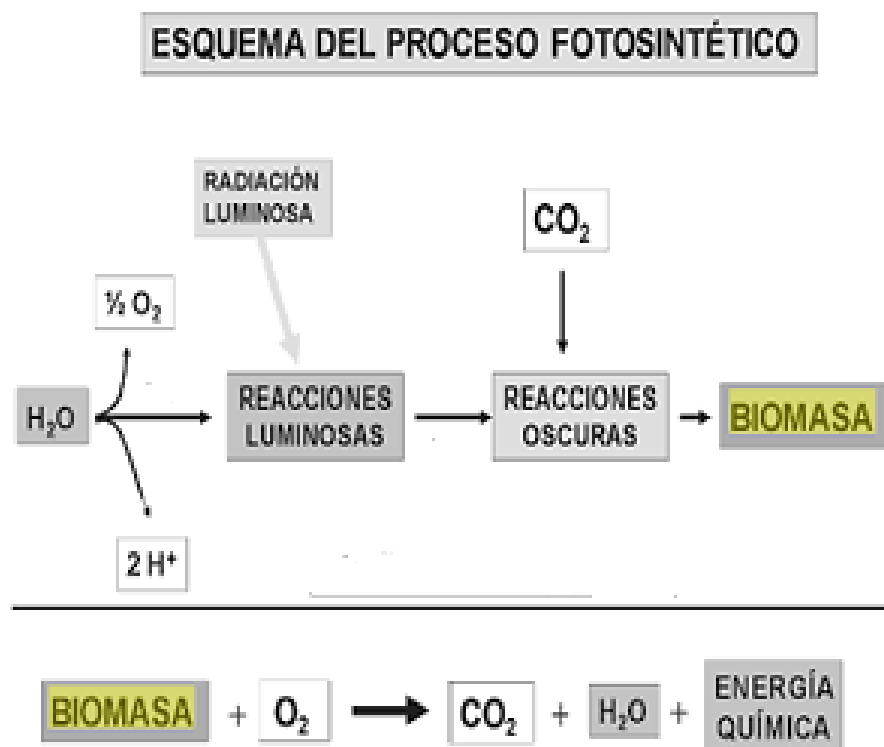


Figura 1.1 Proceso fotosintético

(Fernandez; et al, 2015, pág. 07).

En la Figura 1.1 se muestra un esquema del proceso de fotosíntesis en el cual se interpreta que, las reacciones luminosas de la fotosíntesis producen (ATP) y poder reductor de electrones que son empleados en otra serie de reacciones que no necesitan luz y son reacciones oscuras para la reducción de CO_2 y formación de la biomasa. Esta biomasa al oxidarse devuelve la energía solar que había quedado en los enlaces de su materia orgánica

1.4.2 TIPOS DE BIOMASA

Desde un punto de vista científico se distingue la biomasa dependiendo del origen de la materia orgánica:

1.4.2.1 Biomasa primaria.

Es la materia orgánica que se forma por seres fotosintéticos (plantas verdes, algas y demás seres autótrofos). Incluye toda la biomasa vegetal y residuos agrícolas y forestales.

1.4.2.2 Biomasa secundaria.

Es producida por seres heterótrofos los cuales se alimentan de la biomasa primaria, resulta ser una transformación biológica de la biomasa primaria, un ejemplo vendría a ser la carne o animales herbívoros.

1.4.2.3 Biomasa terciaria.

Es producida por seres que se alimentan de la biomasa secundaria, un ejemplo son los animales carnívoros que se alimentan de los herbívoros.

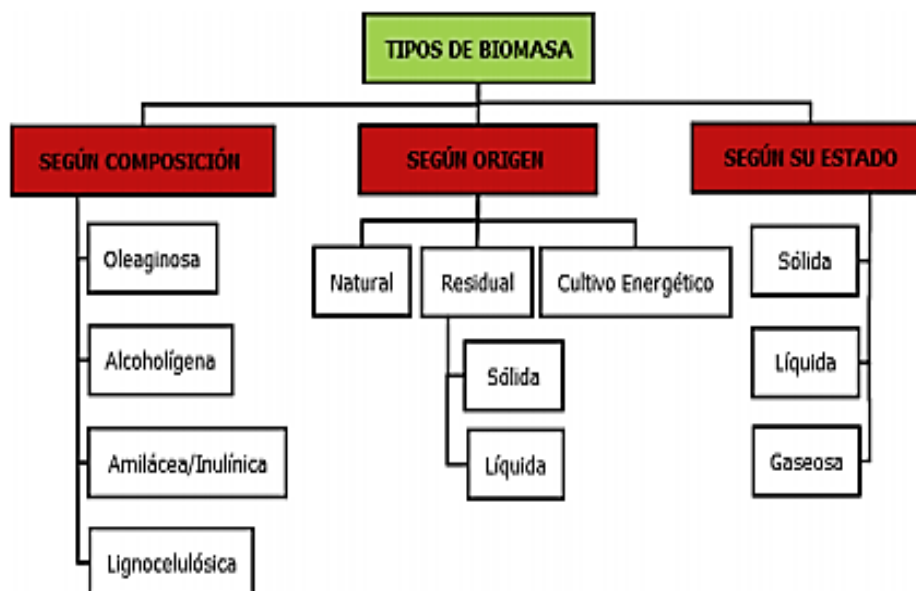


Figura 1.2 Tipos de Biomasa
(Herguedas & Taranco, 2012, pág. 15)

En la Figura 1.2 se muestra los diversos tipos de Biomosas, los cuales se clasificaron en tres grupos según su: composición, origen y estado (Herguedas & Taranco, 2012, pág. 15).

1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA PROVINCIA DE IMBABURA.

Según el Instituto Geográfico Militar “La zona 1 está integrada por las provincias de Esmeraldas, Carchi, Imbabura y Sucumbíos. Posee un área de 42 676.39 km²”.

Ibarra es la capital de la provincia de Imbabura se ubica en la zona norte del país en las coordenadas: 00°07 y 00°52 latitud norte; 77°48´ y 79°12´ longitud oeste, con una superficie

de 4 353 Km² como se observa en la Figura 2.1. La provincia tiene una población alrededor de 450 135 habitantes según un censo realizado en 2015 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). Se encuentra una variedad de climas, la temperatura media anual oscila entre los 9,9 °C (Estación meteorológica Iruguincho) y 22,9 °C (Estación Meteorológica Lita), abarca las reservas Cotacachi-Cayapas con 17 000 Has y Cayambe Coca con 855 Has (GPI, 2017, pág. 1).

1.5.1 PRINCIPALES ACTIVIDADES ECONÓMICAS DE LA POBLACIÓN.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del año 2010 La provincia consta con una población económicamente activa de 168 734 personas, el principal trabajo de los Imbabureños es por cuenta propia con un 30,3% seguido por empleos públicos con 28,8% y la actividad de jornalero con 14,1%.

Se concentra un 39% de la población económicamente activa en la agricultura y alrededor de unas 20 mil ha destinadas a cultivos, entre los cultivos principales encontramos el frejol seco con un cultivo aproximado de 7 mil ha, caña de azúcar con 100 mil toneladas, maíz suave seco 35 mil toneladas métricas y otras como choclo, trigo cebada y maíz duro seco.

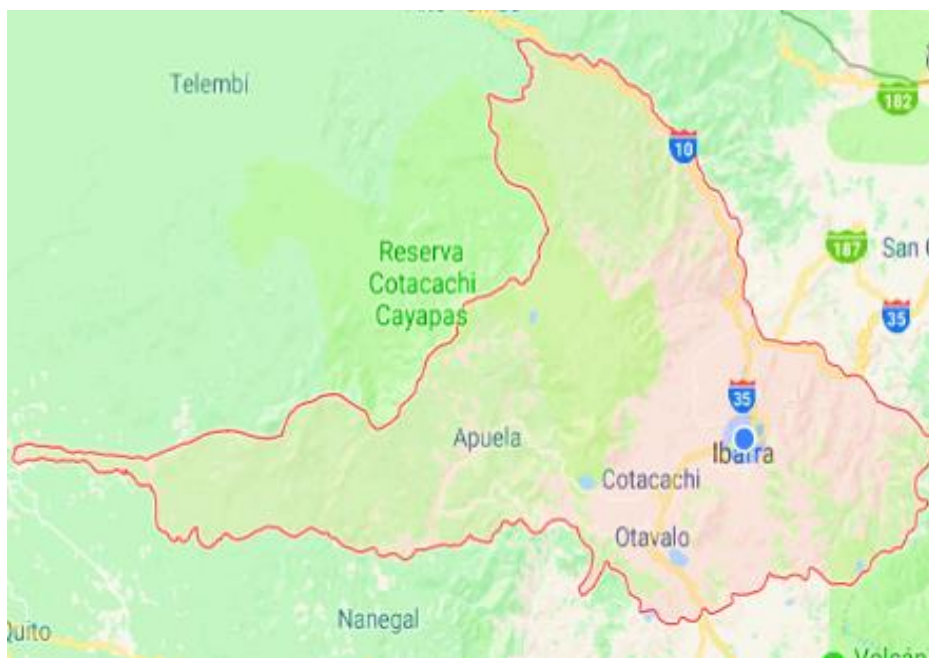


Figura 1.3 Mapa Satelital de la provincia de Imbabura

(Maps, 2018, pág. 01).

En la Figura 1.3, se muestra una imagen satelital de la provincia de Imbabura, la cual se encuentra resaltada con una línea de color rojo y limitada hacia el norte por la provincia del

Carchi al sur por la provincia de Pichincha, occidente por la provincia de Esmeraldas y al este por la provincia de Sucumbíos.

1.6 GEO CODIFICACIÓN

Es el proceso de transformar una descripción de una ubicación como un par de coordenadas, una dirección o un nombre de un lugar en una ubicación en la superficie de la tierra. Las ubicaciones que se puede obtener se transforman en entidades geográficas con atributos, que se usan para la representación cartográficos o para el análisis espacial.

Con la geo codificación, ejemplo en la Figura 1.4, se puede buscar varios tipos de ubicaciones de manera rápida. Los tipos de ubicaciones que se pueden buscar incluyen: puntos de interés o nombres de un diccionario geográfico, montañas, puentes y negocios; coordenadas basadas en latitud y longitud.

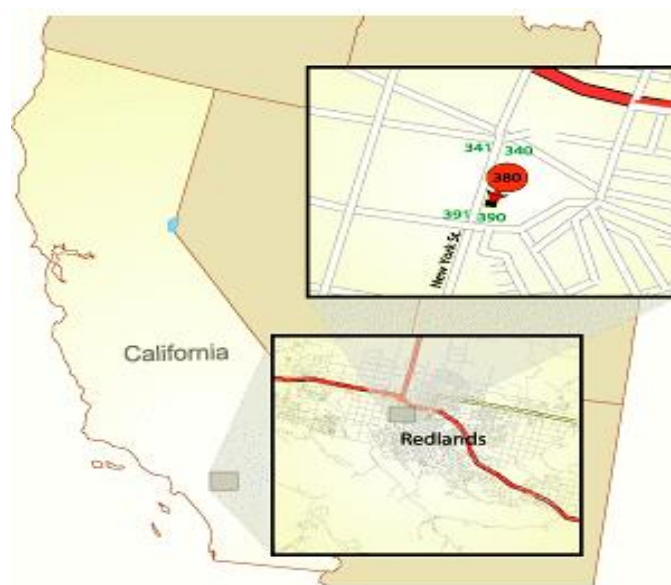


Figura 1.4 Geo codificación
(Dangermond, Arcmap, 2016, págs. 1-2).

En la Figura 1.4, se muestra un ejemplo del sistema de geo codificación en el cual se localiza exactamente una ubicación en particular.

1.6.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (S.I.G)

Los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G) son una herramienta que permite capturar, almacenar, manipular, analizar, visualizar integrar bases de datos espaciales y la implementación de diversas técnicas de análisis de datos (Dangermond, Arcmap, 2016, pág. 01).

1.6.2 SOFTWARE ARCGIS

Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es la plataforma más utilizada en el mundo para el conocimiento geográfico a servicio de sectores del gobierno, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que sea accesible a cualquier usuario. La razón principal de usar este software es la facilidad de separar la información en diferentes capas temáticas almacenándolas independientemente, lo cual permite trabajar con ellas de manera rápida y sencilla (Dangermond, Arcmap, 2016, p. 1).

1.6.3 ARCMAP

Es el lugar donde visualiza y explora los dataset SIG de su área de estudio, donde se asigna símbolos y crea los diseños de mapa para imprimir o publicar. En esta aplicación se utiliza para crear y editar los dataset. ArcMap representa la información geográfica como una colección de capas y otros elementos en un mapa. Es la principal aplicación que usa ArcGIS para la representación cartográfica, la edición, administración de datos y análisis por medio de una colección de capas y otros elementos de un mapa (Dangermond, Arcmap, 2016, pág. 02).

1.6.3.1 Tareas habituales de ArcMap

Las tareas más importantes con las que cuenta el software Arcmap son: Trabajar con mapas, impresión de mapas, compilar y editar dataset SIG, utilizar geo procesamiento para automatizar el trabajo y realizar análisis, Organizar y administrar geodatabases y documentos de ArcGIS, documentos de mapa como servicios de mapas mediante ArcGIS for Server (Dangermond, Arcmap, 2016, pág. 02).

1.7 MATERIA PRIMA CON MAYOR POTENCIAL OLEAGINOSO

Existe una gran variedad de plantas oleaginosas a nivel mundial de las cuales se produce biodiésel, en la siguiente lista se seleccionó las plantas con mejor rendimiento y que se encuentren en producción dentro del país.

1.7.1 HIGUERILLA

De acuerdo a la Tabla 1.1. se muestra la clasificación botánica de la Higuierilla, mostrando su particularidad científica se la puede identificar como:

Tabla 1.1 Clasificación botánica de la Higuera

Nombre científico	Ricinus communis
Familia	Euphorbiaceae
Reino	Planta
Origen	África tropical y de la India
Clase	Magnoliopsida

Fuente: (Durán & Recalde, 2009, pág. 12)

1.7.1.1 Características botánicas

Ricinus L. es un género de plantas de flores, con aproximadamente 72 especies, cuyo nombre, etimológicamente se debe al nombre latino de la garrapata ricinus y se refiere al parecido de la semilla con dicho ácaro, tanto en la forma como en el color. El tallo, las ramas y las hojas son de color rojo vinoso, posee semillas de 1,5 cm a 2,5 cm de largo y 46% de aceite, la oleaginosa es de baja altura aproximadamente de 1m a 1,5m.



Figura 1.5 Muestra botánica de la higuera
(INIAP, 2014, pág. 1).

En la Figura 1.5, se muestra un ejemplo del cultivo de la oleaginosa Higuera, donde se puede observar sus frutos y hojas, los cuales son de un color rojizo.

1.7.1.2 ORIGEN

Es originaria del continente africano, fue extendida a Medio Oriente como planta silvestre y ha sido introducida en casi todas las regiones del mundo, se encuentra más fácilmente en regiones cálidas ya que es una planta cultivada desde la antigüedad de la cual se obtiene aceite de ricino o como especie ornamental, en este caso se usa especialmente la variedad roja, por la belleza de su aspecto, color de sus frutos, tallo y hojas (Durán & Recalde, 2009).

1.7.1.3 Condiciones agroecológicas

De acuerdo a la Tabla 1.2, se muestra los requerimientos climáticos y edáficos necesarios para la vida de la planta, los cuales son:

Tabla 1.2 Requerimientos climáticos y edáficos

Precipitación	500 a 700 mm/año.
Temperatura	15 a 38° C.
Altitud	0 – 2 500 msnm.
Suelo	Suelos bien drenados tipo limo arenoso.
pH	5 a 6.5 aunque también tolera pH superior a 8.

Fuente: (INIAP, 2014, pág. 01)

1.7.1.4 Variedades botánicas en Ecuador

La variedad de higuierilla denominada “Sanguineus” de tallo y ramas de color rojo-vinoso, posee un alto porcentaje de aceite ya que sus semillas son grandes, su altura puede alcanzar 1,0 m a 1,5 m. En Ecuador existen muchas zonas que pueden ser óptimas para su cultivo, pero los requerimientos ecológicos deben ser lo más favorable para que su producción se alta, actualmente se produce esta planta en la provincia de Manabí.

1.7.1.5 Presencia de higuierilla en Imbabura

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador en un estudio botánico y etnobotánica de la planta ricinus communis reflejó que el mayor número de colectas botánicas es a 200 y 800 msnm y entre los 1 800 y 3 000 msnm y los rangos de temperatura fueron de 13°C y 26°C, lo que indica la extraordinaria capacidad de adaptación de esta especie Se logró registrar la presencia de higuierilla a 650 msnm (parroquia Lita, Imbabura) y a 1 120 msnm, zona de Intag, Imbabura (Durán & Recalde, 2009, p. 16).

1.7.2 JATROPHA CURCAS (PIÑON).

De acuerdo a la Tabla 1.3, se muestra la clasificación botánica de la *Jatropha Curcas*, mostrando su particularidad científica se la puede identificar como:

Tabla 1.3 Clasificación botánica de la *Jatropha Curcas*

Nombre científico	<i>Jatropha Curcas</i>
Familia	Euphorbiaceae
Reino	Jatropha
Origen	América y África tropical
Clase	Magnoliopsida

Fuente: (Durán & Recalde, 2009, pág. 28).

1.7.2.1 Características botánicas.

Jatropha L. comprende aproximadamente 175 especies de hábitos suculentos, arbustos y árboles (algunos son de hojas caducas, como *Jatropha curcas L.*). Las plantas de este género crecen de forma nativa en África, Norteamérica, y el Caribe. A la especie *Jatropha curcas*, puede crecer en cualquier lugar rápidamente de 3 hasta 6 metros con un grosor en su tronco de 20 cm, el fruto es una cápsula drupácea verdosa-amarillenta y carnosa, produce 3 almendras negras de 2 cm de largo y 1 cm de diámetro con 40% de aceite. La llaman “La planta mágica” ya que es una de las mejores fuentes de combustible natural (Durán & Recalde, 2009).



Figura 1.6 Muestra botánica *Jatropha curcas*
(INIAP, 2014, pág. 01).

En la Figura 1.6, se muestra un ejemplo del cultivo de la oleaginosa *Jatropha curcas*, donde se puede observar sus frutos, tallos y hojas, los cuales son de un color verde.

1.7.2.2 Origen

Es una oleaginosa originaria de México y Centroamérica, pero puede crecer en la mayoría de los países tropicales. Se la cultiva en América Central, Sudamérica, Sureste de Asia, India y África.

1.7.2.3 Condiciones agroecológicas

De acuerdo a la Tabla 1.4, se muestra los requerimientos climáticos y edáficos necesarios para la vida de la planta, los cuales son:

Tabla 1.4 Requerimientos climáticos y edáficos

Precipitación	Mínimo 300 mm/año
Temperatura	25 a 35 °C
Altitud	0 – 1 500 msnm
Suelo	Puede crecer en terrenos áridos y semiáridos y de baja fertilidad, aunque también en áreas húmedas y fértiles se puede lograr mayores rendimientos.
pH	Responde a pH neutros.

Fuente: (INIAP, 2014, pág. 01).

1.7.2.4 Variedades botánicas en Ecuador

Tiene un ciclo evolutivo de 40 a 50 años, su presencia se encuentra en las zonas norte del país como en las provincias Imbabura, Carchi y especialmente en el litoral ecuatoriano como Manabí y Guayas por ser zonas marginales secas.

1.7.2.5 Presencia de *Jatropha* en Imbabura

En Imbabura se tiene colecciones de 1 440 y 2 440 msnm de altura especialmente en la zona del valle del Chota y con el 92% al 100% de probabilidad climática para su desarrollo. Se tiene datos de colecta a temperaturas de 14°C hasta 18°C y otras como en Manabí y Guayas entre 24°C y 25°C (Durán & Recalde, 2009, pág. 71).

1.7.3 COLZA (CANOLA)

De acuerdo a la Tabla 1.5, se muestra la clasificación botánica de la Colza, mostrando su particularidad científica se la puede identificar como:

Tabla 1.5 Clasificación botánica de la Colza

Nombre científico	Brassica napus
Familia	Cruciferae
Reino	Brassica
Origen	Canadá
Clase	Magnoliopsida

Fuente: (Daun & al, 2015, pág. 01)

1.7.3.1 Características botánicas.

Esta planta oleaginosa consta de una raíz pivotante con raíces que tienden a profundizar, su altura suele ser de 0,5 m a 2,0 m, con unas flores con 11 a 15 mm de largo, sus pétalos son de color amarillo pálido a brillante y puede producir un 39% de aceite crudo.



Figura 1.7 Muestra botánica Colza
(Investiga, 2015, p. 01)

En la Figura 1.7, se muestra un ejemplo del cultivo de la oleaginosa Colza, donde se puede observar su tallo y hojas, los cuales son de un color amarillo.

1.7.3.2 Origen

Esta planta también tiene un uso alimentario y forrajero, en China en los años 50 se la transformo en una planta oleaginosa y en Canadá en los años 70 y 80 a raíz de cambios de tecnología se le cambio el nombre a (Canadian Oil Low Acid), esta oleaginosa contiene un gran contenido de aceite 40% a 44%.

1.7.3.3 Condiciones agroecológicas

De acuerdo a la Tabla 1.6, se muestra los requerimientos climáticos y edáficos necesarios para la vida de la planta, los cuales son:

Tabla 1.6 Requerimientos climáticos y edáficos

Precipitación	Mínima de 400 mm y óptima máxima de 1 000 mm
Temperatura	Oscilan entre los 5 °C de temperatura mínima 25 °C para su temperatura óptima.
Altitud	1 500 - 2 200 m.
Suelo	Se puede cultivar en cualquier tipo de suelo que sea profundos y bien drenados.
pH	5.5 y 7 y puede soportar hasta 7.7.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, 2007).

1.7.3.4 Variedades botánicas en Ecuador

En Ecuador existen áreas óptimas de cultivo de colza por sus condiciones agroecológicas como son las provincias de Cotopaxi, Chimborazo y Tungurahua. Estas provincias presentan datos prometedores en la producción de esta oleaginosa. En otros lugares como en la cuenca del río Portoviejo se puede también proceder con el cultivo de colza a 1 800 msnm a 16°C y en la cuenca del río Santiago con 18°C con la misma altura.

1.7.3.5 Presencia en Imbabura

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra realizó un estudio en el cual se evaluó seis materiales de colza llegando a determinar que el mejor material de colza sembrado bajo las condiciones agroclimáticas de la ciudad es “Hyola 401” que alcanza un volumen cosechado de 1 986,67 $kg \times ha^{-1}$.

1.7.4 PALMA (AFRICANA)

De acuerdo a la Tabla 1.7, se muestra la clasificación botánica de la Palma, mostrando su particularidad científica se la puede identificar como:

Tabla 1.7 Clasificación botánica de la Palma

Nombre científico	Elaeis guineensis
Familia	Areaceae
Reino	Arecales
Origen	África Occidental
Clase	Liliopsida

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, 2007, pág. 5).

1.7.4.1 Características botánicas.

Su tronco puede llegar a medir hasta 40 m en estado natural. Para la obtención de aceite en cultivos naturales su altura se limita a los 10 o 15 metros con un diámetro de 30 cm a 60 cm, su tallo se desarrolla en 3 o 4 años, sus hojas son de color verde pinnadas de 5 cm a 8 cm de longitud, su fruto es ovoide rojizo de 3cm a 6cm con un diámetro de 4 cm y un peso de 5g a 12g aproximadamente, posee una muy baja capacidad de absorción.



Figura 1.8 Muestra botánica Palma
(FEDAPAL, 2017, pág. 04).

En la Figura 1.8, se muestra una cosecha de la oleaginosa Palma, donde se puede observar la gran cantidad de frutos, los cuales son de forma ovoide y de un color rojizo.

1.7.4.2 Origen

Esta planta es procedente del Golfo de Guinea en África Occidental y se ha distribuido por las regiones de América por medio de los comerciantes de esclavos portugueses y llegando en el año 1 848 a Asia.

1.7.4.3 Condiciones agroecológicas

De acuerdo a la Tabla 1.8, se muestra los requerimientos climáticos y edáficos necesarios para la vida de la planta, los cuales son:

Tabla 1.8 Requerimientos climáticos y edáficos

Precipitación	1 500mm a 3 000mm
Temperatura	24°C a 26°C promedio anual.
Altitud	0 a 600 m.s.n.m.
Suelo	Franco, limoso, Franco arcilloso (<35 % de arcilla), Franco arcilloso limoso, Franco arcilloso arenoso, Franco arcilloso (<35 %), Arcilloso, Arcilloso arenoso, Arcilloso limoso.
pH	5.6; 6.5 ligeramente ácido a 6.6 – 7.4 neutro.

Fuente: (INIAP, 2014, pág. 1)

1.7.4.4 Variedades botánicas en Ecuador

En el periodo de 2 002 al 2 015 el cultivo de palma se ha incrementado en un 299%. En la provincia de Esmeraldas se concentra la mayor producción de palma africana con el 50,73% del total nacional.

La palma africana tiene una eficiencia de suelo que es 7 veces mayor que cualquier otro cultivo oleaginoso, con una estadística de 300 000 hectáreas plantadas y una producción

anual de 593 mil toneladas de aceite crudo, este cultivo representa el 4,53% DEL PIB agrícola y el 0,89% del PIB total del país” (FEDAPAL, 2017, pág. 3).

En Ecuador para el uso interno de aceite de palma y aceite de soya, se realiza una mezcla de porcentajes 73,6% para la palma, 24% para la soya y 2,4% de otros aceites, logrando exportar 20 190.24 toneladas de aceite refinado de palma hacia los países de Colombia, México y Venezuela en 2005.

En el 2016 el rendimiento del aceite de palma fue de 14,38 toneladas por hectárea que comparado a 11,67 toneladas producidas en 2006 significa un incremento del 23 %. Ecuador se encuentra en el sexto puesto como productor de palma de aceite a nivel mundial (Magap, 2016, pág. 1).

1.7.4.5 Presencia de palma en Imbabura

En el recinto denominado “Las Golondrinas” residen alrededor de 6 000 mil personas que se dedican al cultivo de palma africana, café, plátano, palmito y maracuyá

1.7.5 SOYA

De acuerdo a la Tabla 1.9, se muestra la clasificación botánica de la Soya, mostrando su particularidad científica se la puede identificar como:

Tabla 1.9 Clasificación botánica de la Soya

Nombre científico	Glycine max
Familia	Leguminosas
Reino	Max
Origen	Extreme Oriente
Clase	Angiospermae

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, 2007, pág. 3).

1.7.5.1 Características botánicas

La soya tiene un ciclo vegetativo que oscila entre los tres a siete meses, está provista de un tallo rígido y erecto con una altura que oscila entre 0,4m a 1,5m y una raíz entre los 40cm a 50cm, su fruto más conocido como vaina mide de 2cm a 7cm y cada fruto contiene de tres

acuatro semillas, las cuales poseen un promedio de 20% a 22% de aceite respecto a su peso seco.



Figura 1.9 Muestra botánica Soya
(INIAP, 2014, pág. 01)

En la Figura 1.9, se muestra un ejemplo del cultivo de la oleaginosa soja, donde se puede observar su tallo, hojas y frutos los cuales son de un color verde claro.

1.7.5.2 Origen

Es originaria del Extremo Oriente (Indonesia, Japón) y del Centro y Norte de China, es muy comercializada por sus múltiples usos siendo Estados Unidos, Brasil, Argentina y China los países con mayor producción de soja.

1.7.5.3 Condiciones agroecológicas

De acuerdo a la Tabla 1.10, se muestra los requerimientos climáticos y edáficos necesarios para la vida de la planta, los cuales son:

Tabla 1.10 Requerimientos climáticos y edáficos

Precipitación	450 mm a 650 mm durante el ciclo y de 1 300 a 2 200 mm anuales.
Temperatura	22°C a 30°C

Tabla 1.10 Requerimientos climáticos y edáficos (**Continuación...**)

Altitud	0 a 1 200 msnm.
Suelo	Franco arenoso o franco arcilloso, bien drenados.
pH	5,5 a 7

Fuente: (INIAP, 2014, pág. 01).

1.7.5.4 Variedades botánicas en Ecuador

Los derivados procedentes de la soya se dividen en dos, la primera derivación se usa para la elaboración de alimentos balanceados y la segunda se usa para la producción de aceites mezclados con palma africana para comercializarlos en lugares de altura.

La provincia que registra el mayor rendimiento a nivel nacional es Guayas con 0,39 toneladas por hectárea seguida de Los Ríos con 0,12 toneladas por hectárea, del año 2000 a 2015 la producción de torta de soya aumentado en un 464% .El rendimiento objetivo promedio nacional de soya fue de 2,02 toneladas por hectárea en 2016 (Magap, 2016, pág. 01).

1.8 DIÉSEL EN EL ECUADOR

En el Ecuador Petro comercial produce actualmente tres tipos de combustible diésel, los cuales se diferencian principalmente por la aplicación y el contenido de azufre de cada uno de ellos. El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) es el encargado de dictar las normas de calidad para el combustible según la normativa del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables del año 2012.

1.8.1 DIÉSEL PREMIUM.

Según la Enmienda Técnica Ecuatoriana 1489 del año 2012 se usa combustible Diésel Premium en motores de auto ignición para la propulsión de vehículos del sector automotriz a nivel nacional.

1.8.2 CONSUMO DE DIÉSEL PREMIUM EN IMBABURA.

Según la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), se dispone un volumen de 33,04 millones de galones de Diésel Premium para la provincia de Imbabura,

los datos fueron obtenidos del folleto “EL PETRÓLEO EN CIFRAS 2017” el cual se publicó en abril 2017.

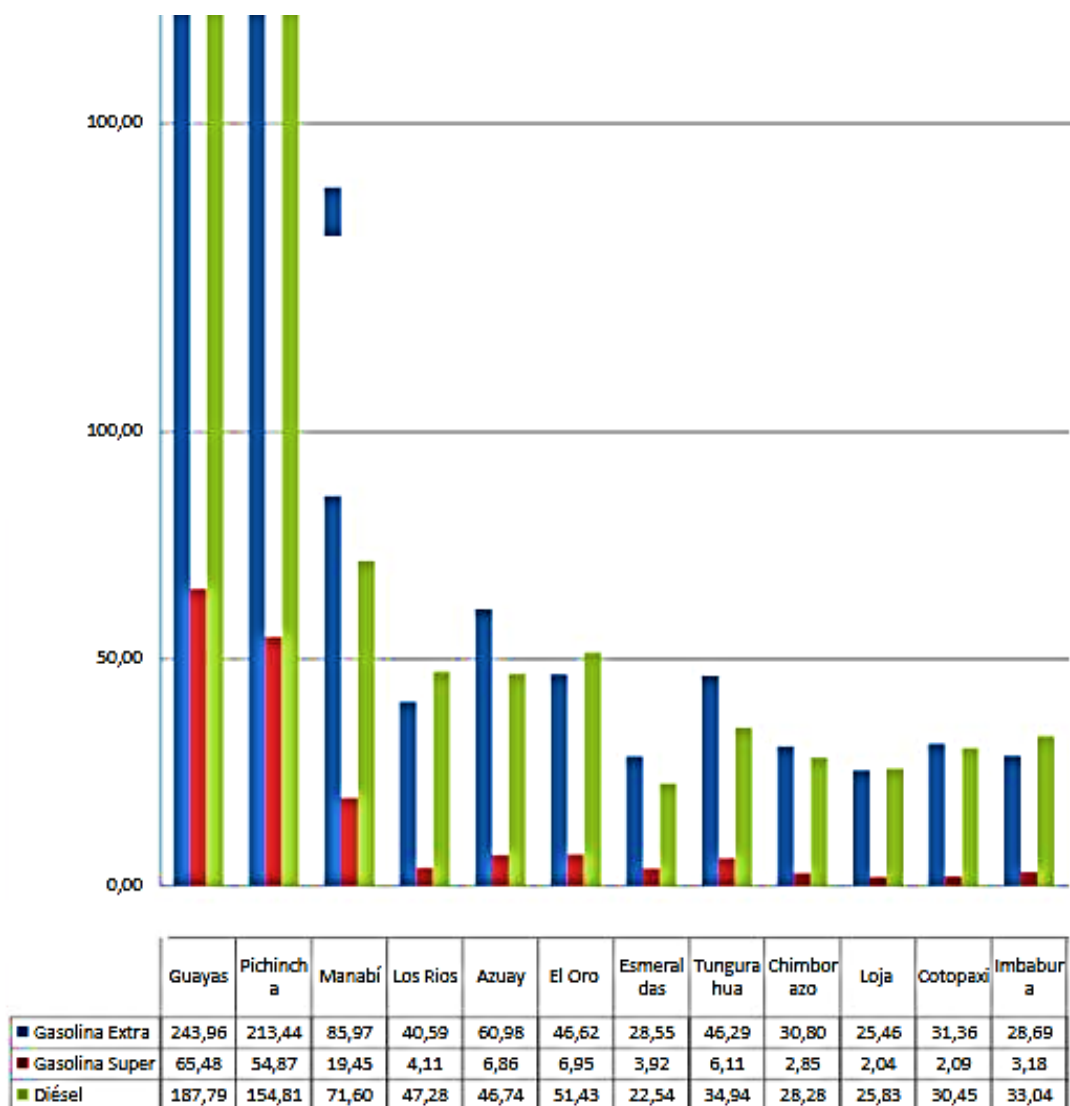


Figura 1.10 Consumo diésel por provincias

Fuente: (ARCH, 2018, pág. 37)

En la Figura 1.10, se puede observar que la provincia del Guayas es abastecida con 187,79 millones de galones seguida de Pichincha con 154,81 millones y la provincia de Imbabura recibe 33,04 millones de galones anuales de Diésel Premium.

1.8.3 NORMATIVA INEN EN EL ECUADOR

Según las características establecidas por la Norma Técnica Ecuatoriana 1 489 del año 2 012 Séptima revisión, los productos derivados del petróleo como el diésel No 1 serán descartados

ya que no influyen en los objetivos del proyecto y el Diésel No 2 ya que su uso no es automotriz.

En la Tabla 1.11, se presenta la norma INEN utilizada en el Ecuador la cual menciona lo especificaciones siguientes:

Tabla 1.11 Especificación de normas INEN

NORMA	ESPECIFICACIÓN
NTE INEN 1493 Procedimiento A	Productos de petróleo. Determinación del punto de inflamación en vaso cerrado (Pensky-Martens).
NTE INEN 1494	Productos de petróleo. Determinación de agua y sedimento por centrifugación.
NTE INEN 1491	Productos de petróleo. Determinación del residuo de carbón Conradson.
NTE INEN 1492	Productos de petróleo. Determinación de cenizas.
NTE INEN 926	Productos de petróleo. Ensayos de destilación
NTE INEN 810	Productos de petróleo. Determinación de la viscosidad cinemática y dinámica en líquidos transparentes y opacos.
ASTM 4294	Method for Sulfur in Petroleum and petroleum Products by Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence. Spectrometry.
NTE INEN 1490	Productos derivados del petróleo. Determinación del contenido de azufre. Método de la bomba.
NTE INEN 927	Productos de petróleo. Determinación de la corrosión sobre la lámina de cobre.
NTE INEN 1495	Productos de petróleo. Determinación del índice de cetano calculado.

Fuente: (NTE INEN 1489, 2012, pág. 4)

En la Tabla 1.12 se especifica los requisitos del diésel Premium usado en el Ecuador. Según los resultados del monitoreo de los combustibles y de las emisiones atmosféricas que realiza el Municipio de Quito a través del Laboratorio de Hidrocarburos de la Facultad de Química de la Escuela Politécnica Nacional revela que el Diésel Premium contiene azufre en un

promedio de 462 partes por millón (ppm) muy por debajo del tope máximo que establece la norma INEN de 500 ppm, por lo que califican al combustible de “confiable y real” (Ministerio de Hidrocarburos, 2012).

Tabla 1.12 Requisitos del Diésel Premium

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de Ensayo	
Punto de inflamación.	°C	51	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A	
Contenido de agua y sedimento.	%	-	0,05	NTE INEN 1494	
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10 % del residuo de la destilación.	%	-	0,15	NTE INEN 1491	W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10 % del residuo de la destilación.
W contenido de cenizas.	%	-	0,01	NTE INEN 1492	W contenido de cenizas.
Temperatura de destilación del 90 %.	°C	-	360	NTE INEN 926	Temperatura de destilación del 90 %.
Viscosidad Cinemática a 40 °C.	mm ² /s	2,0	5,0	NTE INEN 810	Viscosidad Cinemática a 40 °C.

Nota. De no contener biodiésel, no es necesario la realización de este ensayo

Fuente: (NTE INEN 1489, 2012, pág. 4).

1.9 BIOENERGÍA EN EL ECUADOR

Según el Art.15 de la Constitución de la República del Ecuador 2008 se menciona que: “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua” (Decreto ejecutivo 13013, 2012).

1.9.1 BIOCOMBUSTIBLES

Los biocombustibles pueden ser elaborados con una amplia gama de productos agrícolas y de origen forestal. Desde el año 2 000, su producción en el mundo aumentado a un ritmo anual de 10%, totalizando 90 187 millones de litros en 2 009.

De todo el total el 18 % corresponde a biodiésel y la mayor parte que es el 82% a bioetanol así lo menciona un estudio de economía realizado por la CEPAL la Comisión Económica para América Latina y el Caribe en el año 2 010.

1.9.2 BIOETANOL

Se lo conoce como alcohol etílico se lo ha utilizado como un combustible potenciador de la gasolina, el uso del bioetanol como potenciador de los combustibles fósiles presenta algunas ventajas como una mejor oxidación de los hidrocarburos que se encuentran presentes en la gasolina y por ende una reducción notable de las emisiones de gases de efecto invernadero presentes en la atmosfera de la tierra (alrededor de un 12%).

1.9.3 BIODIÉSEL

Según American Society for Testing and Materials del año 2015 “Biodiésel son esteres monos alquílicos de ácidos grasos, generalmente esteres de ácido metílico grasos, que se producen producto del aceite vegetal, grasa animal o restos de aceite de cocina en una reacción química conocida como transesterificación”.

1.10 PROPIEDADES DEL BIODIÉSEL

Según la Enmienda 2482 Norma Técnica Ecuatoriana del año 2009 menciona que el biodiésel B 100 en el Ecuador debe cumplir con los siguientes requisitos de la Tabla 1.13, estas normas son internacionales por lo tanto el biodiésel será de muy buena calidad, este biodiésel debe contener un límite muy reducido de 0,02 % de glicerina libre este dato es muy importante ya que mientras menor sea este porcentaje se estará evitando daños en el motor producidos por obstrucción de inyectores a causa de glicerina (Espín, 2016, pág. 24).

Tabla 1.13 Requisitos para biodiésel mezcla B 100 en Ecuador

REQUISITOS	Unidad	Mínimo	Máximo	Métodos de Ensayo
Densidad a 15 °C	Kg/m ³	860	900	ASTM D 1 298

Tabla 1.13 Requisitos para biodiésel mezcla B 100 en Ecuador (**Continuación...**)

Punto de Inflamación	°C	120	-	ASTM D 93
Punto de Turbidez (1)	°C	Reportar	Reportar	Reportar
Agua y Sedimentos	%	---	0,05	ASTM D 1 796
Contenido de Agua	Mg/kg	---	500	ASTM D 95
Viscosidad cinemática a 40 °C	Mm ² /s	3,5	5	ASTM D 445
Cenizas Sulfatadas	%(m/m)	---	0,02	ASTM D 875
Contenido de Azufre	Mg/kg	---	10	ASTM D 1 552
Carbón Residual (2)	%	---	0,05	ASTM D 4 530
Corrosión lámina de cobre	Clasificación	---	3	ASTM D 130
Número de cetano		49	---	ASTM D 613
Temperatura de destilación al 90 % Recuperado	°C	---	360	ASTM D 1160
Glicerina libre	%	---	0,02	ASTM D 6 584

En la Tabla 1.14 se puede observar los contenidos ésteres, metales alcalinos y metanol que son los componentes más relevantes para cumplir con los requisitos de una mezcla B100 en biodiésel.

Tabla 1.14 Requisitos para biodiésel mezcla B 10 en Ecuador

REQUISITOS	Unidad	Mínimo	Máximo	Métodos de Ensayo
Contenido de ésteres	%	96,5	---	EN 14 103
Índice de yodo	g yodo/100 g	---	120	EN 14 111

Tabla 1.14 Requisitos para biodiésel mezcla B 10 en Ecuador (**Continuación...**)

Contenido de metanol	%	---	0,020	ASTM D 4 815 EN 14 110
Contenido de Fósforo	Mg/kg	---	10	ASTM D 4 951
Contenido de metales alcalinos (Na+k)	Mg/kg	---	5	EN 14 108
Contenido de metales alcalinos (Ca+Mg)	Mg/kg	---	5	prEN 14 538

Fuente: (NTE INEN 2482, 2009, pág. 02)

1.10.1 BIODIÉSEL MEZCLA

Se refiere a una mezcla de biodiésel (como fue definido anteriormente) con el diésel derivado del petróleo y denominado BXX, donde XX representa el porcentaje del volumen de biodiésel en la mezcla. Por ejemplo: B 20 significa una mezcla con 20 % de biodiésel y 80% de diésel derivado del petróleo según lo menciona American Society for Testing and Materials del año 2 015.

1.10.1.1 Biodiésel de primera generación

Los aceites vegetales más conocidos para la obtención de biodiésel son: palma, canola, girasol, soya y también se puede obtener de otras fuentes de materia prima, como son las grasas animales, aceite de cocina usado y algas. El biodiésel tiene un contenido energético equivalente al 88% al 95 % de diésel fósil (Herguedas & Taranco, 2012).

1.10.1.2 Biodiésel de segunda generación

En la segunda generación de biodiésel intervienen tecnologías dedicadas a obtener biodiésel de la biomasa no oleaginosa, por ejemplo: paja, residuos agrícolas, gasificación de la madera.

1.10.1.3 Biodiésel de tercera generación

Estos cultivos actualmente requieren investigación y desarrollo para que sean comerciables, por ejemplo: árboles de crecimiento rápido o hierbas perennes.

1.10.1.4 Biodiésel de cuarta generación

Estos biocombustibles se los produce por medio de tierras no cultivables, se diferencian de los biocombustibles de tercera generación ya que no destruyen la biomasa tenemos como ejemplo el uso de micro algas genéticamente tratadas.

1.10.1.5 Ventajas del biodiésel

La ventaja más importante en la producción de biodiésel es la reducción de gases de efecto invernadero como es el CO₂ y la reducción de la gran mayoría de emisiones tóxicas. La diferencia establecida entre el diésel y el biodiésel es que el segundo es el resultado obtenido de la producción de plantas oleaginosas que en toda su vida útil han consumido CO₂ que expulsarán cuando sean convertidas en biodiésel.

El biodiésel es un combustible oxigenado que tiene una combustión más completa al no tener azufre, aunque su mezcla sea solo del 10 % de biodiésel con 90 % de diésel, reduce notoriamente las emisiones de óxidos de monóxido de carbono (CO), Azufre (SO_x), compuestos aldehídicos como el acetaldehído, formaldehído y prácticamente, elimina las emisiones cancerígenas como los son las del benceno.

El biodiésel puede ser producido económicamente en un amplio rango de lugares tanto rurales como urbanos y en diferentes escalas (pequeñas para autoconsumo o comerciales). Tiene un gran potencial para ser producido por aceites no comestibles.

Hablamos de consumo energético de combustible cuando expresamos los términos de eficiencia térmica, como la energía química que puede ser convertida en energía mecánica en el motor; sin embargo, el biodiésel se aproxima a una eficiencia térmica superior o mayor con respecto al diésel, ya que este aporta un mayor contenido de oxígeno y de cetanos lo cual mejora el proceso de combustión. El contenido energético del biodiésel es de 90 % en relación con el del diésel proveniente del petróleo y el del etanol es de 67 % con respecto a aquel de la gasolina.

1.10.1.6 Desventajas del biodiésel

El proceso de fabricación de biodiésel libera la glicerina, la cual todavía constituye un problema por su contenido tóxico (moderado) y contaminante.

Aporta un 10% de óxidos nitrosos a la atmósfera (lluvia ácida) con respecto a los combustibles fósiles.

Un aspecto que todavía es debatido en el mundo es si el balance energético del biodiésel es positivo. En la jerga de la producción de combustibles, se entiende por balance energético la diferencia entre la energía que produce un kilogramo de combustible (biodiésel en este caso) y la energía necesaria para producirlo, lo cual incluye extracción (cultivo, en este caso), procesamiento, transporte, refinado entre otros.

En la actividad palmácea se evidencia presión sobre los bosques nativos en algunas zonas del país. Esto ha generado críticas de los sectores ambientalistas, pues Ecuador ocupa el noveno lugar de los países deforestados, debido principalmente a la actividad maderera. A pesar de que los impactos ambientales de la industria aceitera se han venido regulando, aún siguen siendo significativos (IICA ARPEL, 2009, pág. 10)

1.11 CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Se entiende por contaminación ambiental a cualquier sustancia que aparece en el ambiente como consecuencia de la actividad humana con un probado efecto nocivo en el entorno modificando los distintos tipos de climas. El grado de toxicidad de un contaminante depende de su nivel de concentración, es decir de su forma química, así como de su permanencia en el ambiente, entre los mayores problemas ambientales mundiales están, por ejemplo: Disminución de la capa de ozono, cambio climático, acumulación de residuos.

1.11.1 CONTAMINACIÓN PRODUCIDA POR VEHÍCULOS DE MOTOR DIÉSEL

El proceso de formación de monóxido de carbono y de óxidos de nitrógeno en MEC (Motores encendidos por compresión) es similar al descrito para los MEP (Motores de encendido provocado). Se debe de tenerse en cuenta que en MEC la riqueza de la mezcla es completamente variable dentro de la cámara de combustión.

A pesar de esta variabilidad de dosificación, la mezcla global es pobre o muy pobre. Por este motivo, la formación de CO es menor que en un MEP, pero la de NO_x es mayor. La diferencia de formación de hidrocarburos de un MEC es por el solo ingreso de aire en la admisión (Rovira & Muñoz, 2015, pág. 86).

1.11.1.1 Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico producido en la combustión incompleta en base a carbono en ambientes con poca presencia de oxígeno. Puesto que el gas es inodoro,

insípido e incoloro, a menudo no hay advertencia en las personas sobre la exposición a este gas. El monóxido de carbono sobrevive en la atmosfera típicamente por cuatro semanas, tiempo durante el cual se oxida gradualmente y forma dióxido de carbono.

1.11.1.2 Óxido de nitrógeno (NO_x).

En la naturaleza se forma de manera natural por la descomposición de compuestos nitrogenados. El término NO_x hace referencia al óxido nítrico (NO) y al dióxido (NO₂). El aumento de oxígeno en la cámara de combustión produce óxidos nítricos por las altas temperaturas alcanzadas, disociando el nitrógeno gaseoso N₂ presente en el aire y oxidándolo.

Los óxidos de nitrógeno reaccionan con los hidrocarburos en presencia de la luz del sol brillante para formar ozono troposférico, que es uno de los contaminantes secundarios más importantes. Otra reacción fotoquímica en la atmósfera convierte el dióxido de nitrógeno en ácido.

1.11.1.3 Hidrocarburo

“Las emisiones de hidrocarburos consisten en combustible no quemado o quemado en forma parcial. El término hidrocarburo significa compuesto orgánico en estado gaseoso. Los hidrocarburos sólidos son parte de material particulado”.

1.11.1.4 Material particulado

El material particulado lo componen partículas sólidas que se encuentran en suspensión en la atmósfera. Se trata especialmente de polvo en suspensión, cenizas presentes en el combustible, hidrocarburos sólidos nitratos y sulfatos. Partículas secundarias de menos de 2,5 micrómetros de diámetro.

1.11.1.5 Dióxido de carbono (CO₂).

El dióxido de carbono no se puede considerar como un contaminante que afecte la salud. Se trata de un contaminante de efecto global, se produce de manera normal por la putrefacción de las plantas y la acción del hombre el cual usa combustibles fósiles en motores, maquinas u otros procesos industriales para la obtención de energía, estos procesos corresponden a la máxima oxidación del carbono. Es por esto que la única forma de reducirlo es disminuyendo el consumo de combustible, haciendo motores más eficientes (Sanchez&Rodriguez&Avilés, 2015, págs. 29-31).

1.11.2 OPACIDAD

Para la medición de opacidad se consta de una cámara de medición que porta en su interior un emisor y un receptor de luz conectada al tubo de escape. Al recircular por el interior de esta cámara de medición los humos de los gases de escape, genera una absorción del haz de luz emitido hacia el receptor, en función de la mayor o menor cantidad “negritud” del humo. Esta reducción de luminosidad nos facilita la medición porcentual de la opacidad de los gases de escape por el coeficiente de absorción durante los ciclos de aceleración.

En la Tabla 1.15, se muestra la contaminación producida por un motor diésel, obteniendo las siguientes cantidades:

Tabla 1.15 Contaminación producida por el motor diésel

COMPONENTES DEL GAS DE ESCAPE	RALENTÍ	POTENCIA MÁXIMA
NO _x	50 a 200 ppm	60 a 2 500 ppm
HC	50 a 500 ppm	< 50 ppm
CO	100 a 450 ppm	350 a 2 000 ppm
CO ₂	A 3,5 % en Volumen	12 a 16 % en volumen
H ₂ O	2 a 4 % en volumen	A 11 % en volumen
O ₂	18 % en Volumen	2 a 11 % en volumen
Nitrógeno (N ₂) y otros	Resto	Resto
Temperatura de gases de escape tras válvula de salida	100 a 200 °C	550 a 800 °C

Fuente: (Agencia metropolitana de tránsito, 2011, pág. 01)

Los gases más contaminantes que se producen después de la combustión son: monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC) y óxidos nitrosos (NO_x), las unidades utilizadas para su interpretación son los gramos sobre kilómetro.

En la Tabla 1.16, se muestra el resultado promedio de cinco pruebas de emisiones de un motor diésel (Kia Sorento CRDI 2007), comparadas con biodiésel (B10) a base de aceite de higuera.

Tabla 1.16 Factores de emisiones medias de diésel común comparadas a biodiésel B10

COMBUSTIBLE	GASES DE ESCAPE		
	FCO[g/Km]	FHC[g/Km]	FNOx [g/Km]
Diésel	1,528	0,089	0,392
Biodiésel (B10)	0,008	0,012	0,208

Fuente: (Arboleda, 2017, pág. 52)

1.11.3 EMISIONES CONTAMINANTES NORMA EUROPEA

Los estudios que se refieren a gases contaminantes se realizan desde hace 40 años, forzando a la reducción de emisiones por parte de los países más desarrollados, a continuación, una figura referencial de la normativa Euro para que sirva de comparación con las pruebas realizadas.

Tipo	Fecha	CO	HC	HC+NOx	NOx	PM (ppm)
Diésel						
Euro I	Julio de 1992	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	0,14 (0,18)
Euro II	Enero de 1996	1,0	-	0,7	-	0,08
Euro III	Enero de 2000	0,64	-	0,56	0,50	0,05
Euro IV	Enero de 2005	0,50	-	0,30	0,25	0,025
Euro V	Septiembre de 2009	0,50	-	0,23	0,18	0,005
Euro VI	Septiembre de 2014	0,50	-	0,17	0,08	0,005

Figura 1.11 Límites de emisiones por contaminante para vehículos turismo

(Electromecánica, 2015, pág. 53).

En la Figura 1.11, se muestra los rangos de emisiones europeas a los cuales se deben registrar los vehículos turismo si quieren seguir circulando, actualmente en el Ecuador se importan vehículos de normativa euro III.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIAS PRIMAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL

Las materias primas necesarias para la elaboración son solventes líquidos los cuales su interacción producen biodiesel, se puede usar varios tipos de materias primas pero las seleccionadas a continuación producen un biodiésel más puro con mejor preparación.

2.1.1 ACEITE

El aceite para la obtención de biodiésel, se puede obtener de grasas animales y de plantas oleaginosas, en el presente proyecto se utilizará aceite vegetal, se ha recolectado información de plantas oleaginosas más utilizadas a nivel mundial y que su existencia sea lo más probable en la provincia de Imbabura.

Las sustancias a partir de las cuales se producen los aceites son semillas o frutos. En realidad, todas las semillas y frutos contienen aceite, pero sólo los llamados oleaginosos sirven para la producción industrial de aceite.

La composición química de los aceites vegetales corresponde en la mayoría de los casos a una mezcla de 95% de triglicéridos y 5% de ácidos grasos libres, de esteroides, ceras y otros componentes minoritarios.

El aceite vegetal contiene algunas ventajas como: Gran valor calorífico, es decir, gran densidad energética, Cuando se quema emite menos hollín, Forma líquida y, Es fácil de almacenar, transportar y utilizar por ello, fácil de usar, no es tóxico ni dañino para humanos, animales, suelos o agua

2.1.2 ALCOHOL METANOL

El metanol tiene mayores restricciones ambientales y de manipuleo respecto al etanol, debido a estas razones, existe una mayor tendencia: Menor Precio, separación menos dificultosa de la mezcla alcohol/agua, menor volumen de alcohol que recircula

Aunque el etanol tiene la ventaja de ser materia prima de fuente renovable, la posible utilización de esta materia prima en un futuro en reemplazo del metanol, requerirá necesariamente del desarrollo de mejor tecnología para obtener un proceso eficiente y competitivo refiriéndose a costos, con relación a los combustibles fósiles.

2.1.3 CATALIZADOR

Los catalizadores en procesos industriales deben ser de funcionamiento básicos ya que actúan mucho más rápido, el problema de estos catalizadores es que deben ser anhídridos

para evitar reacciones secundarias indeseadas como la saponificación, ya que reduce el rendimiento del proceso.

Existen tres tipos de catalizadores los Homogéneos, Heterogéneos y Básicos.

Los catalizadores básicos homogéneos son el sistema catalítico más ampliamente estudiado y el tradicionalmente utilizado por la transesterificación de aceites y grasas a escala industrial ya que proporciona velocidades de reacción mayor que los catalizadores heterogéneos. Cuando se usan estos catalizadores se debe tomar en cuenta las condiciones de reacción, la temperatura que debe estar entre los 40 o 75 °C y la cantidad de catalizador básico para reducir la saponificación Se caracterizan por ser fuertes, siendo los más comunes los hidróxidos de sodio y potasio y los correspondientes alcóxidos (metóxido, etóxidos, propóxidos, etc.) sódicos y potásicos (Cabello&Rincon&Zepeda, 2017, pág. 10).

2.1.4 REACTOR

Existen los reactores de flujo continuo y discontinuo para la fabricación de biodiésel, esto dependerá de la cantidad de biodiésel que se desee generar, para la fabricación de grandes cantidades se recomienda un reactor de flujo continuo.

2.2 CARACTERITICAS DEL MOTOR MITSUBISHI 4D31T

Las pruebas de emisiones contaminantes fueron realizadas en un motor de un camión Mitsubishi modelo Canter del año 1 995, los datos técnicos son mostrados en la tabla siguiente:

En la Tabla 2.1 Se detallan los datos técnicos del motor en los cuales se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento con diferentes tipos de biodiésel, con una misma temperatura y a una misma altitud.

Tabla 2.1 Características Técnicas motor 4D31T

Fabricante:	Mitsubishi
País de origen:	Japón
Modelo:	FE444 Canter 4D31-0AT
Número de cilindros:	4
Cilindraje:	3298cc
Horse Power:	130 Hp @ 3500 rpm
Año de Fabricación:	1995

Tabla 2.1 Características Técnicas motor 4D31T (Continuación...)

Bomba de inyección	Lineal Zexel 105921-3081
Potencia:	80Kw / 108.76 Cv
Torque:	255 N-m/188lb-pie @ 1600rpm

2.2.1 MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DE GASES DE ESCAPE

Existen varios instrumentos que pueden ser usados para la medición de emisiones, uno de ellos son los opacímetros los cuales analizan las cantidades de aire de las corrientes de humo expulsadas por la tubería de escape, por medio de una sonda enganchada en su interior, Este instrumento analiza dato por dato dependiendo de las revoluciones en las que se encuentre trabajando el motor, para que las lecturas del analizador sean reales el equipo debe ser cuidadosamente encerado (Andrade&Muñoz&Fabara, 2009, pág. 3).

2.2.2 EQUIPAMIENTO PARA MEDICIONES

Los equipos con los cuales se procedieron a realizar las pruebas fue un analizador de gases y un equipo de medición de revoluciones los cuales se detallan más adelante.

2.2.2.1 Analizador de gases

Para estas pruebas de emisiones de gases se utilizó el analizador “KANE AUTOplus” en un motor Mitsubishi modelo Canter del año 1995 a una temperatura de 23° grados y una altitud de 2 225 m.s.n.m.



Figura 2.1 Analizador de Gases “KANE”

En la figura 2.1, se muestra el principal instrumento utilizado para la recolección de datos en lo que respecta a emisiones, ya que posee una sonda la cual se coloca en el tubo de escape y lee la carbonilla emitida en la combustión, este analizador es usado solo en motores diésel.

2.2.2.2 Tacómetro y medidor de temperatura

Se usó un medidor de revoluciones como la segunda parte más importante en lo que se refiere a equipos, ya que gracias a este instrumento se puede interpretar los giros del motor y pudimos obtener los análisis de gases de acuerdo al régimen al cual trabajó y su temperatura de funcionamiento.

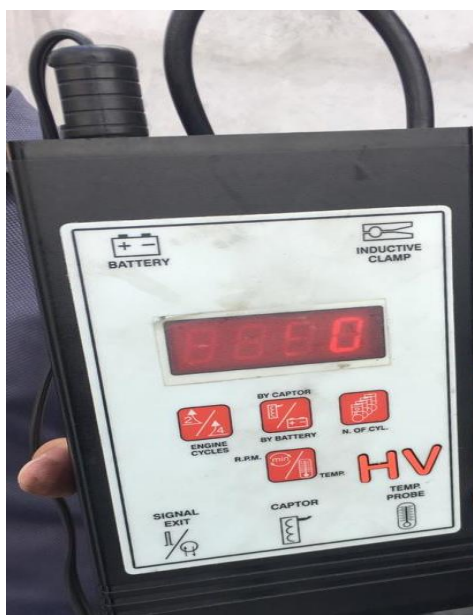


Figura 2.2 Tacómetro y medidor de temperatura

En la Figura 2.2, se muestra un tacómetro y medidor de temperatura el cual consta con una pantalla digital de datos.

2.2.2.3 Software ARCGIS 10.4

Con la utilización de sistemas de geo posicionamiento Arcgis 10.4 se determina zonas por medio de un mapeo digital en el cual se usan datos específicos de crecimiento y adaptación de las plantas para su posible desarrollo, este sistema se usó para seleccionar las dos oleaginosas que muestren mejores adaptaciones en la provincia de Imbabura.

2.3 METODOLOGÍA

2.3.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PLANTAS

El criterio de selección de plantas nos ayudará a determinar que oleaginosa del inventario realizado nos brindará mejores resultados en lo que tiene que ver con cantidad de aceite, el

siguiente análisis está orientado a determinar que planta oleaginosa puede desarrollarse con normalidad en Imbabura.

2.3.2 ELECCIÓN DE LA BIOMASA CON MAYOR POTENCIAL

Para la elección de la oleaginosa con mejores características en la producción de biodiésel y de adaptabilidad a cambios climáticos, se optó por realizar una matriz de decisión en la cual se diferenciará los pros y los contras de las alternativas planteadas.

2.3.2.1 Características del piñón

Se procede a seleccionar arboles de por lo menos un año de siembra que se encuentren sanos con un buen número de ramas y sin presencia de insectos, frutos pintones o maduros para que la obtención de la semilla sea de buena calidad, una vez obtenida la semilla se suele proceder a descascar las semillas para evitar un ataque de hongos.

No se suele usar pesticidas en la recolección de las muestras ya que la planta contiene características pesticidas y fungicidas sin embargo en extensiones grandes puede aparecer. Según un estudio realizado por (Durán & Recalde, 2009, pág. 32) las provincias de Carchi e Imbabura tienen probabilidades climáticas entre 92% y 100% especialmente en valles secos (INIAP, 2014, pág. 01).



Figura 2.3 Semilla de piñón

En la Figura 2.3, se muestra dos semillas tiernas de la planta *Jatropha Curcas* originarias de la provincia de Manabí, la planta suele gestar de dos a tres semillas depende la zona de cultivo.

2.3.2.2 Dendometría del piñón

En la provincia de Imbabura se encuentra la variedad *Jatropha Curcas* L (Piñón). Para poder definir un rendimiento real se realizó una investigación obteniendo datos de la provincia de Manabí de la empresa INIAP de Portoviejo.

De acuerdo a la Tabla 2.2, se puede observar los datos físicos obtenidos de una pequeña muestra de piñón para lo cual se realizaron mediciones de ancho y altura al igual que el conteo de racimos y frutos, realizando posteriormente una estimación.

Tabla 2.2 Características dendométricos del Piñón

	Número de plantas seleccionadas	Alto promedio (m)	Ancho promedio (m)	Número de racimos promedio	Frutos totales
Piñón	10	2,35	1,62	18,67	110-120

2.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA PALMA

Se suele revisar los racimos de una misma planta ya que no todos maduran al mismo tiempo, se escoge los de color rojizo anaranjado o rojo opaco ya que estos poseen mayor cantidad de aceite, la manera más fácil de interpretar cuando estos se encuentran maduros es cuando de un racimo se han desprendido por acción natural más de 5 frutos (INIAP, 2014, pág. 01).



Figura 2.4 Semillas de Palma

En la Figura 2.4, Se muestran semillas de un racimo de Palma Africana de la zona de las Golondrinas entre la provincia de Imbabura y la provincia de Esmeraldas.

2.3.3.1 Dendometría de la palma

En la provincia de Imbabura especialmente en el sector las golondrinas se realizan cultivos y cosechas de Palma la cual cuenta con varias hectáreas de esta oleaginosa la cual se usa

para la fabricación de aceite de cocina y otros derivados, para definir un rendimiento real se procede a realizar las pruebas de campo.

De acuerdo a la Tabla 2.3, se puede observar los datos físicos obtenidos de una pequeña muestra de palma para lo cual se realizaron mediciones de ancho y altura al igual que el conteo de racimos y frutos, realizando posteriormente una estimación.

Tabla 2.3 Características dendométricos de la Palma

	Número de plantas seleccionadas	Alto promedio (m)	Ancho promedio (m)	Número de racimos promedio	Frutos totales
Palma	10	13	8.88	12-18	1500-2000

2.3.4 MATRIZ DE DECISIÓN

La matriz de decisión que se utiliza es útil para el desarrollo de este trabajo ya que facilita la toma de decisión entre las oleaginosas existentes en el Ecuador y en especial en la provincia de Imbabura, esta matriz se encuentra dividida en dos partes:

En la Tabla 2.4, se detalla la primera parte de la matriz donde se encuentran los requisitos obligatorios que deben poseer cada una de las alternativas, las alternativas que no cumplieron los requisitos no serán tomadas en cuenta para la segunda parte.

En la segunda parte de la matriz se encuentra los aspectos deseables, estos aspectos tienen una puntuación del 1 al 10 otorgando al 10 la valoración más alta, el valor de cada una de las alternativas fueron establecidas a consideración del autor

Solo se procede a seleccionar cuatro oleaginosas porque la segunda opción de la presente investigación fue tomada a criterio del autor.

Tabla 2.4 Matriz de decisión

Criterios de decisión			Alternativas								
			Palma	Higuerilla			Soya	Piñón			Colza
1 era Parte Obligatorias	Ser plantas oleaginosas con presencia en Imbabura		SI	SI			NO	SI			SI
	Deforestación		SI/NO	NO			SI/NO	NO			SI/NO
	Poseer aceite con fines Industriales		SI	SI			NO	SI			NO
2 da Parte Deseables	Contenido de Aceite	Importancia		Cuantificación	Ponderación	Resultado		Cuantificación	Ponderación	Resultado	
		10		46%	9	90		40 %	8	80	
	Rendimiento Aceite/Hectárea	9		1 272 L	8	72		1 559 L	8	72	
	Tamaño de las Semillas	7		1,5-2,5 cm	7	49		2 cm	8	56	
	Resistencia a Cambios Climáticos y plagas	9		70 %	7	63		80%	9	81	
TOTAL				274				289			

Según menciona el Art. 15 Según el Decreto ejecutivo 13013 del año 2012.

señala que: “El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua”. Sabiendo la realidad del país y conociendo que la deforestación es un problema grave para el medio ambiente queda eliminada la posibilidad de elegir a la palma como una alternativa, en el caso de la Soya y la Colza se eliminan porque su uso no es para fines industriales sino más bien para fines alimenticios.

En la parte final se elige como alternativa ganadora al Piñón ya que obtuvo un puntaje de 289 puntos comparado a los 274 puntos que consiguió la Higuierilla y por decisión de autor la segunda opción de nuestra investigación será aceite de Palma Africana.

2.3.5 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BIODIÉSEL

La viscosidad de los aceites vegetales es 10 veces superior al diésel convencional y tiene una baja volatilidad, los cuales pueden llegar a afectar la calidad del biodiésel obtenido y desencadenar problemas técnicos cuando se emplee como combustible en motores diésel. Para superar estas limitantes de los aceites y obtener un biodiésel con los parámetros de calidad exigidos por las normativas internacionales, se han propuesto diversas soluciones entre las que se mencionan el precalentamiento de los aceites, motores especialmente diseñados para el uso de biodiésel, la mezcla de diferentes tipos de aceites y la transformación del aceite.

2.3.6 TRANSESTERIFICACIÓN

El proceso de transesterificación consiste en tres reacciones reversibles y consecutivas donde el triglicérido es convertido en di glicérido, mono glicérido y por último en glicerina, en cada proceso un mol de éster metílico es liberado.

Se puede dividir en tres etapas. La primera etapa se relaciona con el abastecimiento de las materias primas requeridas para el proceso de producción, las cuales a su vez son de tres tipos: a) aceites vegetales (comestibles y no comestibles); b) alcohol, distinguiéndose el metanol, etanol, propanol y butanol y c) un catalizador alcalino.

La reacción química con mejores resultados es la transesterificación. Este proceso consiste en la reacción de un triglicérido (compuesto por una molécula de glicerol esterificada por tres moléculas de ácidos grasos), contenido en aceite vegetal o grasa animal y un alcohol

ligero (metanol o etanol), obteniéndose de esta reacción productos como glicerina y ésteres derivados de los tres ácidos grasos de partida, es decir, biodiésel. Por lo general se suele usar metanol como alcohol de sustitución, dando como resultado un biodiésel compuesto por ésteres metílicos (Lombana&Vega&Britton&Herrera, 2015, pág. 10).

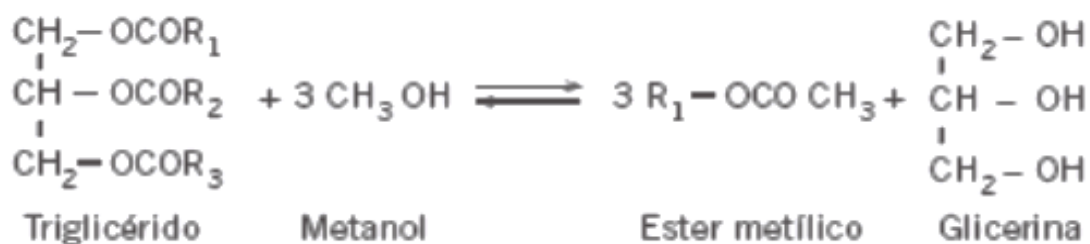


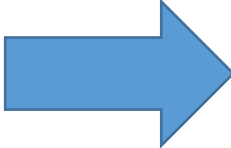
Figura 2.5 Esquema de la reacción de transesterificación con metanol

(IICA ARPEL, 2009, pág. 01)

En la Figura 2.5, se muestra la fórmula química de la reacción de transesterificación con intervención de metanol, el cual tiene mayores restricciones ambientales.

En la Tabla 2.5 se muestran los porcentajes referenciales que se obtiene en un proceso de transesterificación, los cuales son los siguientes:

Tabla 2.5 Proceso de transesterificación del aceite

INSUMOS		PRODUCTOS
(87 %) Aceite +		(86 %) Biodiésel +
(12 %) Metanol +		(9 %) Glicerina + (4 %) Etanol +
(1 %) Catalizador		(1 %) Fertilizante

Fuente: (IICA ARPEL, 2009, pág. 08).

2.3.7 ELABORACIÓN DEL BIODIÉSEL

Para la elaboración del biodiésel se lo realiza en un laboratorio casero utilizando un reactor artesanal de capacidad de un litro y medio, se tomaron todas las precauciones y seguridades tanto ambientales como humanas.

Por cada litro de aceite vegetal se utiliza 0.2 litros de Metanol aproximadamente dependiendo de la densidad del aceite.

Por cada litro de aceite vegetal se utiliza 5 gramos de hidróxido de sodio (NaOH) aproximadamente.

En la Tabla 2.6, se muestra las cantidades y unidades utilizadas para la elaboración de biodiésel basado en aceite de piñón tomando en consideración las proporciones descritas anteriormente, se procede a calcular lo siguiente:

Tabla 2.6 Proporciones para la elaboración de biodiésel con aceite de piñón

Materiales	Cantidad	Unidad
Aceite	2.770	L
Densidad del aceite	0,915	$\frac{g}{cm^3}$
Volumen de Metanol	0,00069337	m^3
Hidróxido de Sodio	25,3455	G
Agua	2	L

En la Tabla 2.7, se muestra las cantidades y unidades utilizadas para la elaboración de biodiésel basado en aceite de palma tomando en consideración las proporciones descritas anteriormente, se procede a calcular lo siguiente:

Tabla 2.7 Proporciones para la elaboración de biodiésel con aceite de palma

Materiales	Cantidad	Unidad
Aceite	4	L
Densidad del aceite	0,9051663	$\frac{g}{cm^3}$
Volumen de Metanol	0,0009905	m^3
Hidróxido de sodio	36,206652	G
Agua	2.5	L

2.3.8 PROCEDIMIENTO

Se procede a disolver 9,05 gr de Hidróxido de sodio (Na OH) en 0,2476 ml de metanol, esta mezcla es más conocida como metóxido de sodio, el siguiente procedimiento es medir el pH del metóxido de sodio y este valor debe dar un valor 11.



Figura 2.6 Nivel de pH de metóxido de sodio

En la Figura 2.6, se talle el color característico de la concentración de metóxido, el cual puede variar dependiendo del aceite vegetal.

Se añade 1 litro de aceite vegetal en el reactor, el cual se procede a mezclar con el metóxido de sodio, una vez mezclados deben permanecer a una temperatura entre 45°C y 55 °C a un promedio de 3 000 rpm durante el tiempo de 3 horas, este proceso se lo llama transesterificación.



Figura 2.7 Reactor casero

En la Figura 2.7 se muestra el reactor casero usado para el proceso de transesterificación, la capacidad del reactor es de 1,5 litros, es necesario ir midiendo el pH de la mezcla el cual debe ir bajando hasta llegar a un pH neutro, una vez terminado el proceso de transesterificación se deja reposar la mezcla.

El producto obtenido de la reacción se lo coloca en un recipiente de decantación dejándolo reposar por 2 días, separando la fase “liviana” que es el biodiésel de la fase “pesada” que es la glicerina (Guerrero & etal, 2010, pág. 54).

Una vez que se haya separado la glicerina del biodiésel pasa por un proceso de lavado el cual consiste en agregar el 50% de agua del volumen de biodiésel por un lapso de 8 horas para eliminar residuos contaminantes del catalizador y glicerina presentes en la transesterificación. Una vez realizado el proceso de lavado se deja reposar el biodiésel para la separación del agua.



Figura 2.8 Separación del biodiésel de palma

En la Figura 2.8, se muestra la separación del biodiésel, para el último proceso de la transesterificación consiste en calentar el biodiésel a 100°C hasta la evaporación de los residuos de agua sobrantes en el proceso de lavado.



Figura 2.9 Niveles de pH del biodiésel

(Biotecnología, 2017, pág. 03)

En la Figura 2.9 se muestra los niveles de coloración aproximados que debe tener el biodiésel de acuerdo a su aceite vegetal, el pH recomendado que debe tener el resultado final es de pH 6,5 o 7.

2.3.9 ZONIFICACIÓN PARA EL CULTIVO DE PIÑÓN Y PALMA

Para el desarrollo de la zonificación se empleará la ayuda de un sistema de información geográfica el cual por medio de características propias de desarrollo de cada planta dará como resultado un área de crecimiento en la provincia de Imbabura, el software empleado será Arcmap 10.4, el software fue facilitado gracias al laboratorio de Geomántica de la Universidad Técnica del Norte, serán usadas las tablas de requerimientos climáticos y edáficos descritos en el marco teórico.

Precipitación: Mínimo 300 mm/año

Pendiente: 12%

Temperatura: 25°C a 35°C

Altura: 1 500 msnm

Ph: Responde a pH neutros.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 PRODUCCIÓN DEL PIÑÓN

En la siguiente Tabla 3.1, muestra el resultado de la producción de una hectárea de *Jatropha Curcas* L, los datos obtenidos del estudio de campo nos reflejan los resultados de la producción de aceite por año que tiene la planta y al ser una planta de crecimiento perenne se ha recolectado datos de dos cosechas al año.

Tabla 3.1 Resultados de producción de Piñón

Año	Hectáreas	Plantas por Hectárea	Frutos por planta Kg	Producción de semilla por año Kg	Producción de aceite por año L
1	1	1440	4	5760	1424.5
2	1	1440	8	11520	2849±

3.2 PRODUCCIÓN DE PALMA

En la siguiente Tabla 3.2, muestra el resultado de la producción de una hectárea de Palma, los datos obtenidos del estudio de campo nos reflejan los resultados de la producción de aceite por año que tiene la planta

Tabla 3.2 Resultados de producción de Palma

Año	Hectáreas	Plantas por Hectárea	Racimo por planta Kg	Producción de aceite por año toneladas
1	1	143	12,42	5255 15 toneladas

3.3 RESULTADOS DE TRANSESTERIFICACIÓN

Una vez obtenidos los dos tipos de biodiésel en estado puro B100 se realizó una comparación de porcentajes para valorar la eficiencia en el proceso de transesterificación, En la Tabla 3.3, se muestran los porcentajes de correspondientes a cada tipo de aceite dando como resultado que el biodiésel obtenido a base de piñón tiene una mayor eficiencia comparado con el aceite de palma

Tabla 3.3 Porcentajes de eficiencia en la transesterificación

RESULTADOS FINALES		
Biodiésel de Piñón	2 294 L	82,815 % del aceite empleado
Biodiésel de Palma	2 600 L	65 % del aceite empleado

3.4 PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES CON DIÉSEL

Para las pruebas de gases de escape se procedió a abastecer el tanque con diésel Premium, posteriormente el circuito debe estar libre de impurezas o agentes contaminantes. La prueba se desarrolló con una metodología de aceleraciones constantes a régimen de giros diferentes del motor, durante un periodo de 1 minuto por cada prueba. Para iniciar se parte de 720 r.p.m. para terminar con 2500 r.p.m. y cumplir con un ciclo de 5 ensayos por cada régimen de giro del motor. Una vez que se realizaron las pruebas a esos rangos de giro, se obtuvieron los datos del analizador de gases, los cuales fueron promediados entre cada una de las pruebas, una vez calculado se procede a promediar todos los resultados obtenidos detallados en el siguiente cuadro (Oscullo, 2017, pág. 65).

En la Tabla 3.4, Se muestran los datos obtenidos de las pruebas realizadas con diésel común, el cual se despacha en las gasolineras de la provincia de Imbabura, Gracias al analizador de gases “KANE AUTOplus GAS ANALYSER”, podemos obtener los datos de monóxido de carbono, dióxido de carbono, oxido, y óxido nitroso los cuales son las emisiones de gases más importantes en la combustión.

Tabla 3.4 Datos Promedio Diésel Premium

DATOS PROMEDIO DIÉSEL				
RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
Ralentí	0,106	2,54	17,99	331,8

Tabla 3.4 Datos Promedio Diésel Premium (**Continuación...**)

1500	0,11	2,52	17,85	217,8
2500	0,12	3,2	16,92	174,4

Fuente: (Oscullo, 2017, pág. 59).

3.5 PRUEBAS DE EMISIONES DE GASES CON BIODIÉSEL

Una vez realizadas las pruebas con diésel Premium, se procedió a cambiar el filtro de combustible para eliminar sobrantes del diésel común, se purgó el sistema para que el circuito de inyección funcione exclusivamente con biodiésel y dependiendo de su mezcla, las tres realizaciones de las pruebas fueron bajo las mismas condiciones de giro del motor en cada una de las repeticiones, así los resultados no tengan alteraciones.

En la Tabla 3.5, Se muestra la comparación de datos entre mezclas B5 de Palma y Piñón, en la parte superior se encuentra descritos los gases contaminantes y en los casilleros izquierdos se describe las revoluciones y las repeticiones realizadas a cada revolución.

Tabla 3.5 Comparación de datos de mezclas B5

RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)	MEZCLA B5
Ralentí 600/700					PALMA
Prueba 1	0,11	2,3	17,11	220	
Prueba 2	0,08	1,9	18,03	293	
Prueba 3	0,07	1,8	17,86	304	
Promedio Total	0,086	2	17,66	272,33	

Ralentí 600/700					PIÑÓN
Prueba 1	0,11	1,9	17,84	174	
Prueba 2	0,11	1,8	18,03	185	
Prueba 3	0,10	1,8	18,12	183	
Promedio Total	0,10	1,83	17,99	180,66	

Tabla 3.5 Comparación de datos de mezclas B5 (Continuación...)

1 500					PIÑÓN
Prueba 1	0,14	1,8	17,92	109	
Prueba 2	0,10	1,8	18,05	123	
Prueba 3	0,10	1,8	18,15	119	
Promedio Total	0,11	1,8	18,04	117	
2 500					PALMA
Prueba 1	0,12	2,7	16,59	150	
Prueba 2	0,10	2,3	16,86	162	
Prueba 3	0,08	2,3	16,93	175	
Promedio Total	0,1	2,43	16,79	162,33	
2 500					PIÑÓN
Prueba 1	0,15	2,3	16,96	92	
Prueba 2	0,12	2,3	17,08	101	
Prueba 3	0,10	1,8	17,59	92	
Promedio Total	0,1	2,43	16,79	162,33	

En la Tabla 3.6, Se muestra la comparación de datos entre mezclas B10 de Palma y Piñón, en la parte superior se encuentra descritos los gases contaminantes y en los casilleros izquierdos se describe las revoluciones y las repeticiones realizadas a cada revolución.

Tabla 3.6 Comparación de datos de mezclas B10

RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)	
Ralentí 600/700					PALMA
Prueba 1	0,09	1,9	17,61	197	

Tabla 3.6 Comparación de datos de mezclas B10 (**Continuación...**)

Prueba 2	0,03	1,7	17,90	190	
Prueba 3	0,07	1,5	18,82	208	
Promedio Total	0,063	1,7	18,11	198,33	
Ralentí 600/700					PIÑÓN
Prueba 1	0,11	1,5	18,47	172	
Prueba 2	0,08	1,5	18,55	182	
Prueba 3	0,07	1,6	18,31	178	
Promedio Total	0,08	1,53	18,44	176,66	
1 000					PALMA
Prueba 1	0,08	1,8	17,78	194	
Prueba 2	0,06	1,6	18,79	207	
Prueba 3	0,07	1,5	18,89	208	
Promedio Total	0,07	1,63	18,48	203	
1 000					PIÑÓN
Prueba 1	0,13	1,5	18,63	158	
Prueba 2	0,09	1,5	18,38	166	
Prueba 3	0,06	1,6	18,49	170	
Promedio Total	0,093	1,53	18,5	164,66	

1 500					PALMA
Prueba 1	0,09	1,8	17,59	129	
Prueba 2	0,09	1,6	18,63	137	
Prueba 3	0,09	1,6	18,74	141	

Tabla 3.6 Comparación de datos de mezclas B10 (**Continuación...**)

Promedio Total	0,09	1,66	18,32	135,66	
1 500					PIÑÓN
Prueba 1	0,14	1,5	18,45	108	
Prueba 2	0,10	1,6	18,20	115	
Prueba 3	0,08	1,6	18,31	113	
Promedio Total	0,10	1,56	18,32	112	
2 500					PALMA
Prueba 1	0,08	2,4	16,67	129	
Prueba 2	0,11	2,0	17,63	114	
Prueba 3	0,09	0,09	17,75	132	
Promedio Total	0,093	2,13	17,35	125	
2 500					PIÑÓN
Prueba 1	0,14	1,8	17,46	92	
Prueba 2	0,11	2,0	17,26	97	
Prueba 3	0,09	2,0	17,41	92	
Promedio Total	0,11	1,93	17,37	93,66	

3.5.1 PRUEBAS CON BIODIÉSEL PALMA B5

Para la realización de esta prueba se procedió a cambiar el combustible almacenado en el filtro, ya que debe estar libre el sistema de inyección para que los resultados de las pruebas sean exactos, una vez cambiado el combustible por Palma B5, se deja un momento que se purgue el sistema y el combustible B5 empiece a retornar al tanque de biodiésel.

En la Tabla 3.7, se reflejan los datos obtenidos de biodiésel B5 de palma los cuales fueron probados a diferentes revoluciones del motor y repetidos tres veces para su posterior tabulación.

Tabla 3.7 Promedio general de Biodiésel B5 Palma

DATOS PROMEDIO DE BIODIÉSEL B5 PALMA				
RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
Ralentí	0,086	2	17,66	272,33
1 000	0,08	2,06	17,46	318,33
1 500	0,07	2,03	17,47	257
2 500	0,1	2,43	16,79	162,33

3.5.2 PRUEBAS CON BIODIÉSEL PALMA B10

La realización de esta prueba fue similar a la de B5 ya que contiene el mismo aceite, se mantuvo trabajando el motor por unos minutos sin sistema de inyección para que se vaya consumiendo el combustible del sistema, una vez hecho esto se procedió a colocar la manguera de succión en la mezcla B10 hasta el momento que empiece el retorno al tanque, una vez que este empezó a succionar se procedió a realizar las nuevas pruebas.

En la Tabla 3.8, se reflejan los datos obtenidos de biodiésel B10 Palma los cuales fueron probados a diferentes revoluciones del motor y repetidos tres veces para su posterior tabulación.

Tabla 3.8 Promedio General de Biodiésel B10 Palma

DATOS PROMEDIO DE BIODIÉSEL B10 PALMA				
RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
Ralentí	0,063	1,7	18,11	198,33
1 000	0,07	1,63	18,48	203
1 500	0,09	1,66	18,32	135,66
2 500	0,093	2,13	17,35	125

3.5.3 PRUEBAS CON BIODIÉSEL B5 PIÑÓN

Para la realización de esta prueba se procedió a cambiar el combustible almacenado en el filtro, fue sustituido por biocombustible B10 de piñón, una vez realizado este se dejó funcionar unos minutos el motor para que se consuma el combustible de palma y se purgue totalmente el sistema, una vez realizado esto se conectó la manguera de sección en el biodiésel B10 y se procedió a realizar las pruebas.

En la Tabla 3.9, se reflejan los datos obtenidos de biodiésel B5 Piñón los cuales fueron probados a diferentes revoluciones del motor y repetidos tres veces para su posterior tabulación.

Tabla 3.9 Promedio General de Biodiésel B5 Piñón

DATOS PROMEDIO DE BIODIÉSEL B5 PIÑÓN				
RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
Ralentí	0,10	1,83	17,99	180,66
1 000	0,10	1,8	18,19	168,33
1 500	0,11	1,8	18,04	117
2 500	0,12	2,13	17,21	95

3.5.4 PRUEBAS CON BIODIÉSEL B10 PIÑÓN

La realización de esta prueba fue similar a la de B5 ya que contiene el mismo aceite, se mantuvo trabajando el motor por unos minutos sin sistema de inyección para que se vaya consumiendo el combustible del sistema, una vez hecho esto se procedió a colocar la manguera de succión en la mezcla B10 hasta el momento que empiece el retorno al tanque, una vez que este empezó a succionar se procedió a realizar las nuevas pruebas.

En la Tabla 3.10, se reflejan los datos obtenidos de biodiésel B10 Piñón los cuales fueron probados a diferentes revoluciones del motor y repetidos tres veces para su posterior tabulación.

Tabla 3.10 Promedio General de Biodiésel B10 Piñón

DATOS PROMEDIO DE BIODIÉSEL B10 PIÑÓN				
RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
Ralentí	0,08	1,53	18,44	176,66

Tabla 3.10 Promedio General de Biodiésel B10 Piñón (**Continuación...**)

1 000	0,093	1,53	18,5	164,66
1 500	0,10	1,56	18,32	112
2 500	0,11	1,93	17,37	93,66

3.5.5 PORCENTAJES DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Para poder conocer la mejora que nos brinda el biodiésel es necesario realizar una comparación de reducción de emisiones entre biodiésel B5 y B10 de cada una de las plantas tomando como referencia los datos de NOx (ppm Vol.) Diésel.

En la Tabla 3.11, Se detallan los porcentajes de reducción que brinda cada una de las mezclas de biodiésel, se logra diferenciar que las mezclas B10 obtienen mejores resultados de reducción de emisiones, llegando a destacar la mezcla B10 de Piñón.

Tabla 3.11 Porcentaje de reducción de emisiones

2 500 RPM	B5 Palma	B10 Palma	B5 Piñón	B10 Piñón
NOx (ppm Vol.)	6,92%	28,32%	45,52%	46,29%
O ₂ (% Vol.)	0,76%	-2,54%	-1,71%	-2,66%
CO ₂ (% Vol.)	24,06%	33,44%	33,44%	39,71%
CO (% Vol.)	16,7%	22,5%	0%	8,33%

3.6 ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE BIODIÉSEL B100

Para realizar el análisis de una producción B100 se determinó el total de hectáreas posibles para las dos oleaginosas en la provincia de Imbabura, por medio del software Arcgis 10.4, una vez determinado el total de hectáreas aptas se procedió a calcular la capacidad de producción de galones por hectárea de cada una de las oleaginosas, tomando en cuenta los datos obtenidos de eficiencia de transesterificación al momento de la obtención de biodiésel B100.

En la Tabla 3.12, se muestra el cálculo total de B100 de cada una de las plantas, para el resultado final se estimó una pérdida de 0.05% del total ya que este valor representa pérdida por derrames o de traslado de envases.

Tabla 3.12 Resultado de Producción de Biodiésel B100 por Hectárea

Materia Prima	B 100	Demanda Provincial Anual
Piñón Primer año	7 610 049,06191 gal	33,04 millones de galones
Piñón Segundo año	15 220 098,56872553	
Palma	7613454276747,95524 gal	

Nota: Estimando pérdidas 0.05% por derramamiento en una mezcla B100.

En la Tabla 3.13, Se calculó el número de hectáreas necesarias para una producción de B5 y B10 tomando en cuenta la mezcla con diésel del 95% y 90% de acuerdo a la cantidad de galones por año que obtiene la provincia de Imbabura.

Tabla 3.13 Resultado de Producción de Biodiésel B5 y B10 por Hectárea

Materia Prima	Número de Hectáreas B 5	Número de Hectáreas B 10	95% Diésel	90% Diésel
Piñón	4 389, 961572	8 779,923145	31,38 millones de galones	29,73 millones de galones
Palma	0,0109985874	0,0219971749		

En la Tabla 3.14, Se muestran los valores necesarios para una mezcla B5 y B10 los cuales resultan de la demanda provincial de diésel que son 33,04 millones de galones anuales

Tabla 3. 14 Demanda de biodiésel en mezclas B5 y B10 anuales

Materia Prima	Biodiésel necesario para una mezcla B5	Biodiésel necesario para una mezcla B10
Piñón	1,652 millones de galones	3,304 millones de galones
Palma		

3.7 ZONIFICACIÓN ARCGIS PARA CULTIVO DE PIÑÓN

Se identificaron las zonas aptas de crecimiento de la oleaginosa, por medio del software Arcgis, determinando el espacio necesario y requerido para su desarrollo.

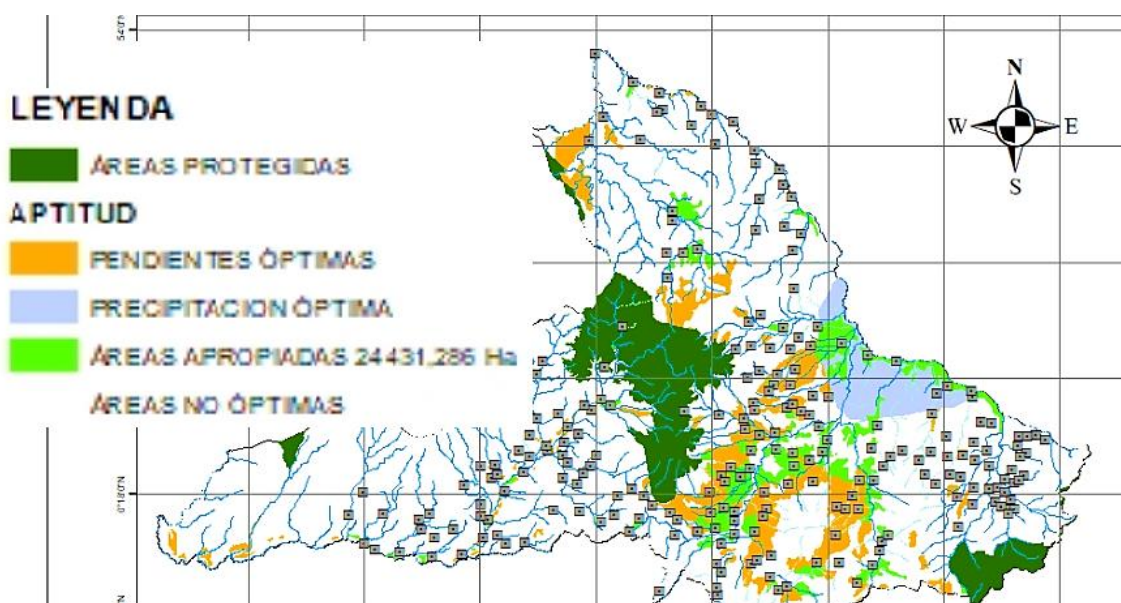


Figura 3.1 Zonas aptas para el cultivo de Piñón

En la Figura 3.1, las zonas de color verde claro representan las zonas óptimas de crecimiento del piñón, las zonas de color verde oscuro representan áreas protegidas y las de color celeste representan aquellas zonas que solo cumplen con la precipitación óptima.

En la Tabla 3.15, Se muestran los datos obtenidos de la zonificación se determina 78021,17 hectáreas las cuales son aptas para el cultivo de la Palma en la provincia de Imbabura.

Tabla 3.15 Datos de zonificación de Piñón

Zonificación	Hectáreas Aptas
Provincia de Imbabura	24431,286

3.8 ZONIFICACIÓN ARCGIS PARA CULTIVO DE PALMA

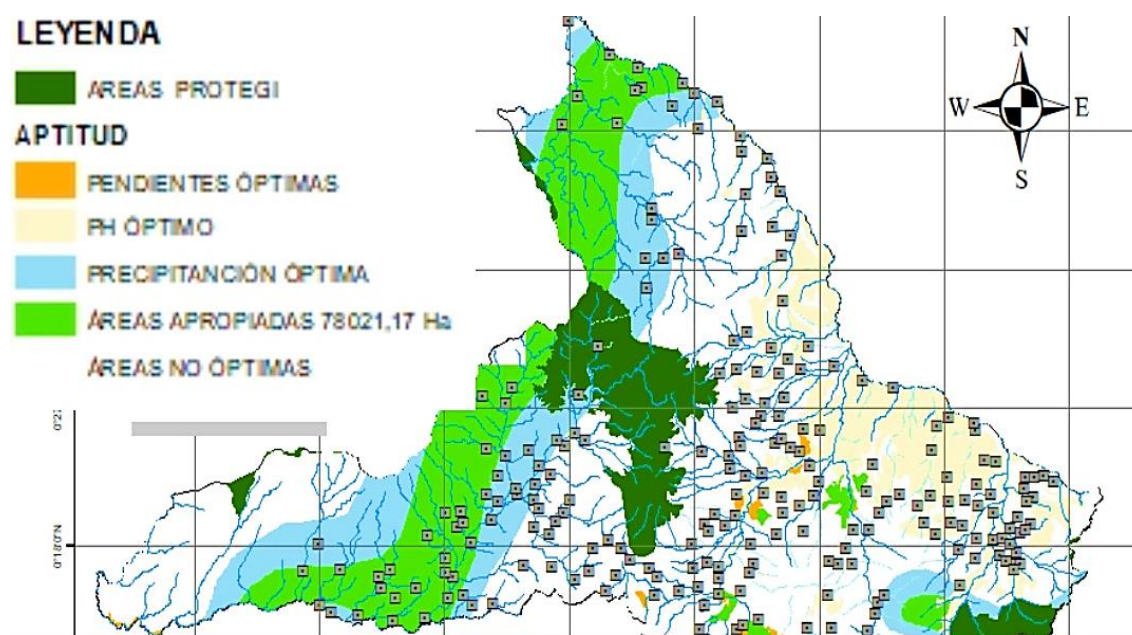


Figura 3.2 Zonas aptas para el cultivo de Palma

En la Figura 3.2, las zonas de color verde claro representan las zonas óptimas de crecimiento de palma africana, las zonas de color verde oscuro representan áreas protegidas y las de color celeste representan aquellas zonas que solo cumplen con la precipitación óptima.

En la Tabla 3.16 Se muestran los datos obtenidos de la zonificación se determina 78021,17 hectáreas las cuales son aptas para el cultivo de la Palma en la provincia de Imbabura.

Tabla 3.16 Datos de zonificación de Palma

Zonificación	Hectáreas Aptas
Provincia de Imbabura	78021,17

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se destacó en la matriz de decisión la oleaginosa *Jatropha Curcas* más conocida como “Piñón” y *Elaeis guineensis* o “Palma Africana” por su mayor contenido de aceite por hectárea. La oleaginosa *Jatropha Curcas* no afecta el ámbito alimentario del país, posee un contenido de aceite de 40%, producción de aceite por hectárea 1 559 L y una alta resistencia a cambios climáticos y plagas, estas características determinaron ser las fuentes de biomasa más aptas disponibles en la provincia de Imbabura.
- Se logró determinar la eficiencia del aceite de *Jatropha Curcas* el cual es de 82,81 % en el cual se utilizó 2 770 litros dando como resultado 2 294 litros de biodiésel superior al de *Elaeis guineensis* con 65 % en el cual se utilizó 4 litros y resultó 2 600 litros de biodiésel, cabe recalcar que para las mezclas por litros en la transesterificación se usaron las mismas cantidades de hidróxido de sodio y metanol, los porcentajes de eficiencia difieren por la densidad de los aceites.
- Existe una demanda anual de 33,04 millones de galones de diésel en la provincia de Imbabura para lo cual se necesita 1,652 millones de galones de biodiésel para una mezcla B5 y 3,304 millones de galones para una mezcla B10 anuales. Para cubrir la demanda B5 a base de aceite de *Jatropha curcas* es necesario 4 389, 961 ha y para una mezcla B10 8 779,923 ha lo cual es totalmente viable ya que se cuenta con 24431,286 disponibles además de que la planta es de cultivo perenne.
- Mediante el análisis de gases se logró demostrar una reducción en las emisiones en un 6,92 %, 28,32% en Palma B5 y B10 respectivamente y 45,52%, 46,29% en Piñón B5 y B10, estos resultados son muy beneficiosos en la reducción de emisiones en el cambio climático.

- Los datos levantados y procesados mediante el software Arcgis 10.4 nos da como resultado 24431,286 hectáreas aptas para el cultivo de *Jatropha Curcas* y 78021,17 hectáreas para el cultivo *Elaeis guineensis*, el número de hectáreas podrían cubrir la demanda anual de 31,38 millones de galones para una mezcla B5 y 29,73 millones de galones para una mezcla B10 de acuerdo a los cálculos de producción de aceite por hectárea.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda iniciar un plan piloto a escala universitaria para la producción de *Jatropha Curcas* la cual conste de las condiciones normales de crecimiento o la selección de una de las áreas aptas identificadas por medio del software Arcgis 10.4 en la provincia de Imbabura para su desarrollo y futura investigación en esta zona.
- Realizar pruebas de *Jatropha Curcas* y Palma propiamente de la provincia de Imbabura para el análisis de su eficiencia según los datos obtenidos en el presente trabajo.
- Crear una iniciativa de pequeña o mediana escala en la cual se pueda realizar cultivos y producción de biodiésel, con la finalidad de abastecer a pequeños sectores cercanos en los cuales las oleaginosas se han mostrado aptas para su crecimiento.
- Realizar pruebas superiores a mezclas B10 especialmente con aceite de *Jatropha* en motores estáticos y dinámicos con la finalidad de analizar los porcentajes de reducción de emisiones y desempeño del motor.
- Se sugiere una participación entre diversas facultades interesadas en este tema de los biocombustibles para la optimización de recursos, equipos, sistemas e información y lograr el desarrollo a futuro de un proyecto que brinde una alternativa más ecológica al transporte terrestre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agencia metropolitana de transito. (31 de Enero de 2011). *Agencia metropolitana de transito*. Obtenido de www.amt.gob.ec
2. Andrade&Muñoz&Fabara. (2009). *Validación del método de ensayo para la determinación de la concentración de gases de combustión para fuentes fijas de combustión en el laboratorio de CYAMBIENTE*. Quito .
3. Arboleda, M. (2017). *Evaluación del funcionamiento de un motor diésel electrónico con el uso de biodiésel a base de aceite de higuera con mezcla B10*. Ibarra.
4. ARCH. (2018). *Distribución Geográfica del consumo anual de gasolina y diésel por provincia 2017*. AIHE.
5. Biotecnología. (2017). Obtenido de http://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Ingenieria_Biomedica_y_Biotecnologia/vol2num6/Revista_de_Ingenier%C3%ADa_Biom%C3%A9dica_y_Biotecnolog%C3%ADa_V2_N6_2.pdf
6. Cabello&Rincon&Zepeda. (2017). *Catalizadores heterogéneos utilizados para la obtención de biodiésel*. Yucatán: Departamento de Ingeniería Química-Bioquímica, Mérida, Yucatán, México.
7. Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Artículo 414 Sección sexta*. Quito.
8. Dangermond, J. (2016). *Arcmap*. Obtenido de esri: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/map/main/mapping-and-visualization-in-arcgis-for-desktop.htm>
9. Dangermond, J. (2016). *Arcmap*. Obtenido de Esri: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.4/map/main/mapping-and-visualization-in-arcgis-for-desktop.htm>
10. Daun, & al, e. (2015). *Canola: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. USA: Library of Congress Cataloging-in-Publication Data.
11. Decreto ejecutivo 13013. (2012). *Constitución de la republica del Ecuador 2008*. Quito.

12. Durán, & Recalde. (2009). *Cultivos Energéticos Alternativos*. Ibarra.
13. Electromecanica. (2015). Control de emisiones contaminantes en Europa y Estados Unidos.
14. Espín, P. (2016). *Estudio de factibilidad para la implementación de biodiésel*. Ibarra.
15. FEDAPAL. (2017). *FEDAPAL*. Obtenido de Fundación de Fomento de Exportaciones de Aceite de Palma y de sus Derivados de Origen Nacional: <http://fedapal.org/web2017/>
16. Fernandez; et al. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Madrid: Paraninfo, S.A.
17. GPI. (2017). *Datos Generales de la provincia de Imbabura*. Ibarra.
18. Guerrero, & etal. (2010). *Evaluación del efecto de la temperatura en la producción de biodiesel con aceite de higuera*. Bogota: Ingeniería e Investigación.
19. Herguedas, & Taranco. (2012). Biomasa, Biocombustibles y Sostenibilidad. En *TRANSBIOMA, Concepto, Clasificación y usos de la biomasa* (pág. 216). Valladolid: Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario. ITAGRA.CT.
20. IICA ARPEL. (2009). *Informes ISF 2 Producción de Biodiésel*. Perú.
21. INIAP. (2014). *Higuera*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias : <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/magroerhiguera>
22. INIAP. (2014). *Palma Africana*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/molea/rpalma>
23. INIAP. (2014). *Piñon*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/magroerpinion>
24. INIAP. (2014). *Soya*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/molea/rsoya>
25. Investiga, A. (8 de junio de 2015). *Facultad de Agronomía*. Obtenido de Investiga, Argentina: http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=colza,_un_cultivo_con_buenas_perspectivas&id=2205

26. Lombana&Vega&Britton&Herrera. (2015). *Análisis del sector Biodiésel en Colombia y su cadena de suministro*. Barranquilla: Universidad del Norte.
27. Madrid, V. P. (2015). *Estado Del Desarrollo del Biocombustible en el Ecuador*. julio.
28. Magap. (2016). *LA POLITICA AGROPECUARIA ECUATORIANA. hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025*. Quito.
29. Magap. (Diciembre de 2016). *PRODUCTIVIDAD / RENDIMIENTOS (PALMA ACEITERA)*. Obtenido de Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca: <http://www.agricultura.gob.ec/productividad-rendimientos-palma-aceitera/>
30. Magap. (2016). *Rendimientos de Soya en el Ecuador Mayo-Septiembre 2016*. Quito: Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.
31. Maps, G. (2018). *Google Maps* . Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Provincia+de+Imbabura/@0.4911535,-79.0896861,191177m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x8e2a3ca1785b375d:0xf7db73d8e67a536b!8m2!3d0.3499768!4d-78.1260129>
32. Ministerio de Hidrocarburos. (2012). *Confirman calidad de combustible que distribuye EP PETROECUADOR al país*. Quito.
33. NTE INEN 1489. (2012). *Productos derivados del Petróleo. Diésel Requisitos*.
34. NTE INEN 2482. (2009). *Requisitos para biodiésel mezcla B100 en Ecuador*.
35. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación. (2007). *Ecocrop*. Obtenido de Ecocrop.fao: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>
36. Oscullo, D. (2017). *ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL MOTOR MITSUBISHI 4D31T CON EL USO DE BIODIÉSEL A BASE DE*. Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
37. Rovira, & Muñoz. (2015). *Motores de Combustión Interna*. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
38. Sanchez&Rodriguez&Avilés. (2015). *Conceptos básicos de la huella de carbono*. Madrid: AENOR.

39. Tipanluisa, D. (2014). Inventario Forestal para la identificación de especies maderables del bosque de la estación experimental central de la amazonía INIAP, Cantón joya de los Sachas. provincia de Orellana , período 2014. En D. Tipanluisa. Orellana: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

ANEXOS

ANEXO I

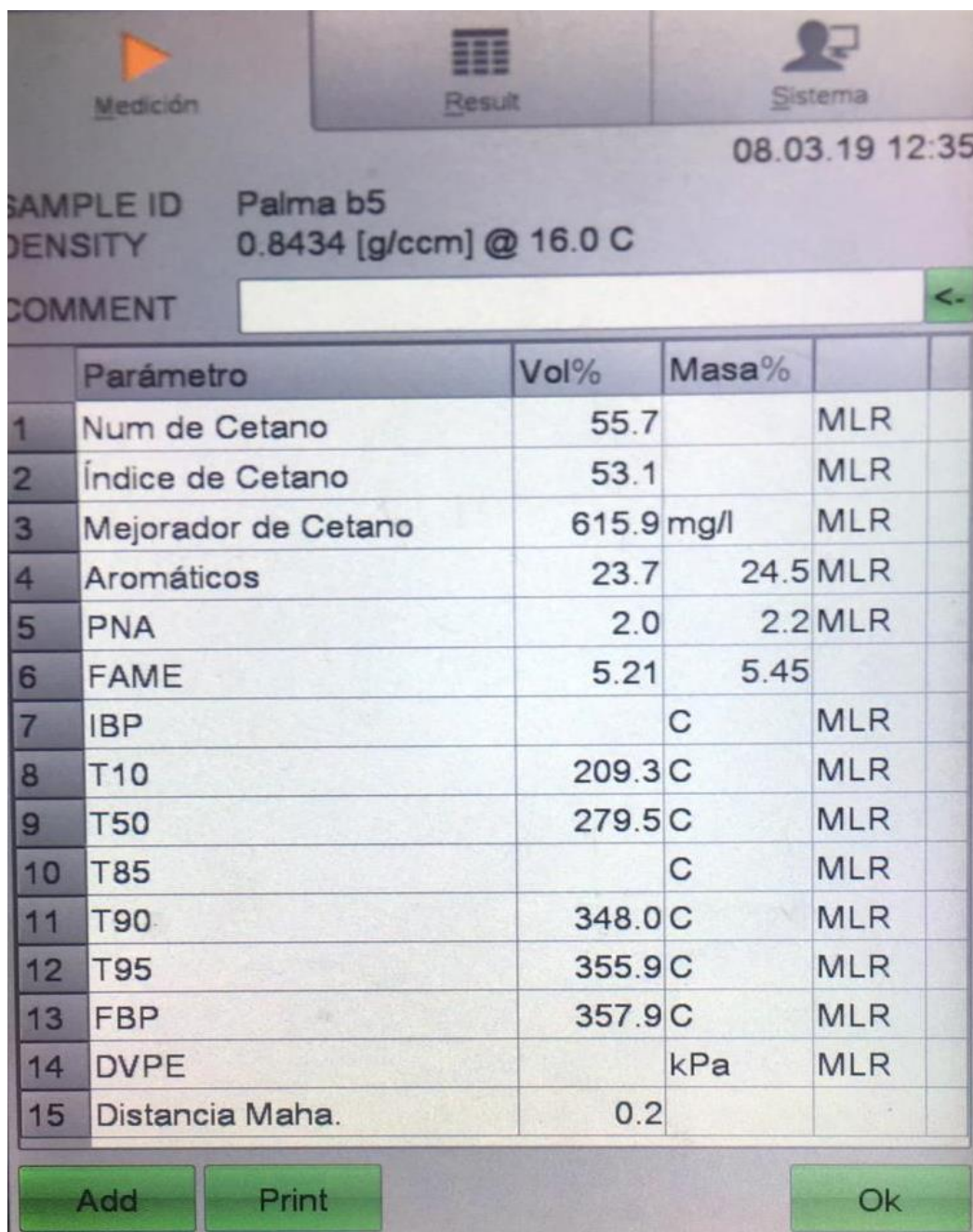
BIODIÉSEL PALMA Y PIÑÓN



Figura AI.1 Muestras de biodiésel B5 y B10

ANEXO II

PRUEBA DE CARACTERIZACIÓN QUÍMICA B5 PALMA



SAMPLE ID Palma b5
 DENSITY 0.8434 [g/ccm] @ 16.0 C
 COMMENT

	Parámetro	Vol%	Masa%	
1	Num de Cetano	55.7		MLR
2	Índice de Cetano	53.1		MLR
3	Mejorador de Cetano	615.9 mg/l		MLR
4	Aromáticos	23.7	24.5	MLR
5	PNA	2.0	2.2	MLR
6	FAME	5.21	5.45	
7	IBP		C	MLR
8	T10	209.3	C	MLR
9	T50	279.5	C	MLR
10	T85		C	MLR
11	T90	348.0	C	MLR
12	T95	355.9	C	MLR
13	FBP	357.9	C	MLR
14	DVPE		kPa	MLR
15	Distancia Maha.	0.2		

Add Print Ok

Figura AII.2 Parámetros de cetano y temperatura de Palma B5

ANEXO III

PRUEBA DE CARACTERIZACIÓN QUÍMICA B10 PALMA

Medición Result Sistema

SAMPLE ID Palma B10 08.03.19 12:
 DENSITY 0.8456 [g/ccm] @ 16.0 C
 COMMENT

	Parámetro	Vol%	Masa%	
1	Num de Cetano	56.7		MLR
2	Índice de Cetano	52.6		MLR
3	Mejorador de Cetano	583.3	mg/l	MLR
4	Aromáticos	21.9	22.6	MLR
5	PNA	2.0	2.2	MLR
6	FAME	9.75	10.2	
7	IBP		C	MLR
8	T10	211.9	C	MLR
9	T50	287.0	C	MLR
10	T85		C	MLR
11	T90	351.4	C	MLR
12	T95	357.3	C	MLR
13	FBP	360.9	C	MLR
14	DVPE		kPa	MLR
15	Distancia Maha.	0.2		

Add Print Ok

Figura AIII.3 Parámetros de cetano y temperatura de Palma B10

ANEXO IV

PRUEBA DE CARACTERIZACIÓN QUÍMICA B5 PIÑÓN

Medición Result Sistema

08.03.19 12:4

SAMPLE ID Pinon b5

DENSITY 0.8432 [g/ccm] @ 16.0 C

COMMENT

	Parámetro	Vol%	Masa%		
1	Num de Cetano	55.4		MLR	
2	Índice de Cetano	52.3		MLR	
3	Mejorador de Cetano	651.9 mg/l		MLR	
4	Aromáticos	23.3	24.1	MLR	
5	PNA	2.0	2.3	MLR	
6	FAME	5.35	5.59		
7	IBP		C	MLR	
8	T10	209.1	C	MLR	
9	T50	279.4	C	MLR	
10	T85		C	MLR	
11	T90	346.7	C	MLR	
12	T95	355.7	C	MLR	
13	FBP	353.8	C	MLR	T
14	DVPE		kPa	MLR	
15	Distancia Maha.	0.1			

Add Print Ok

Figura AIV.4 Parámetros de cetano y temperatura de Piñón B5

ANEXO V

PRUEBA DE CARACTERIZACIÓN QUÍMICA B10 PIÑÓN

Medición Result Sistema

SAMPLE ID Pinon b10 08.03.19 12:4

DENSITY 0.8453 [g/ccm] @ 16.0 C

COMMENT

	Parámetro	Vol%	Masa%	
1	Num de Cetano	56.1		MLR
2	Índice de Cetano	51.8		MLR
3	Mejorador de Cetano	590.4	mg/l	MLR
4	Aromáticos	21.8	22.4	MLR
5	PNA	2.2	2.5	MLR
6	FAME	9.75	10.2	
7	IBP		C	MLR
8	T10	212.2	C	MLR
9	T50	287.2	C	MLR
10	T85		C	MLR
11	T90	349.1	C	MLR
12	T95	357.6	C	MLR
13	FBP	350.2	C	MLR T
14	DVPE		kPa	MLR
15	Distancia Maha.	0.1		

Add Print Ok

Figura AV.5 Parámetros de cetano y temperatura de Piñón B10

ANEXO VI

TABLAS DE MEDICIONES OBTENIDAS

Prueba de emisiones de Biodiésel B5 Palma				
RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
Ralentí /600a700				
Prueba 1	0,11	2,3	17,11	220
Prueba 2	0,08	1,9	18,03	293
Prueba 3	0,07	1,8	17,86	304
Promedio Total	0,086	2	17,66	272,33
1000				
Prueba 1	0,10	2,4	16,96	307
Prueba 2	0,07	1,9	17,70	316
Prueba 3	0,07	1,9	17,74	332
Promedio Total	0,08	2,06	17,46	318,33
1500				
Prueba 1	0,04	2,3	17,13	324
Prueba 2	0,09	1,9	17,64	217
Prueba 3	0,08	1,9	17,66	230
Promedio Total	0,07	2,03	17,47	257
2500				
Prueba 1	0,12	2,7	16,59	150
Prueba 2	0,10	2,3	16,86	162
Prueba 3	0,08	2,3	16,93	175
Promedio Total	0,1	2,43	16,79	162,33

Figura AVI.6 Datos obtenidos de emisiones Palma B5

ANEXO VII

TABLAS DE MEDICIONES OBTENIDAS

Prueba de emisiones de Biodiésel B10 Palma				
RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
Ralenti				
/600a700				
Prueba 1	0,09	1,9	17,61	197
Prueba 2	0,03	1,7	17,90	190
Prueba 3	0,07	1,5	18,82	208
Promedio Total	0,063	1,7	18,11	198,33
1000				
Prueba 1	0,08	1,8	17,78	194
Prueba 2	0,06	1,6	18,79	207
Prueba 3	0,07	1,5	18,89	208
Promedio Total	0,07	1,63	18,48	203
1500				
Prueba 1	0,09	1,8	17,59	129
Prueba 2	0,09	1,6	18,63	137
Prueba 3	0,09	1,6	18,74	141
Promedio Total	0,09	1,66	18,32	135,66
2500				
Prueba 1	0,08	2,4	16,67	129
Prueba 2	0,11	2,0	17,63	114
Prueba 3	0,09	2,0	17,75	132
Promedio Total	0,093	2,13	17,35	125

Figura AVII. 7 Datos obtenidos de emisiones Palma B10

ANEXO VIII

TABLAS DE MEDICIONES OBTENIDAS

Prueba de emisiones de Biodiésel B5 Piñón				
RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
Ralenti				
/600a700				
Prueba 1	0,11	1,9	17,84	174
Prueba 2	0,11	1,8	18,03	185
Prueba 3	0,10	1,8	18,12	183
Promedio Total	0,10	1,83	17,99	180,66
1000				
Prueba 1	0,11	1,8	18,08	167
Prueba 2	0,10	1,8	18,19	169
Prueba 3	0,10	1,8	18,30	169
Promedio Total	0,08	2,06	17,46	318,33
1500				
Prueba 1	0,14	1,8	17,92	109
Prueba 2	0,10	1,8	18,05	123
Prueba 3	0,10	1,8	18,15	119
Promedio Total	0,11	1,8	18,04	117
2500				
Prueba 1	0,15	2,3	16,96	92
Prueba 2	0,12	2,3	17,08	101
Prueba 3	0,10	1,8	17,59	92
Promedio Total	0,1	2,43	16,79	162,33

Figura AVIII. 8 Datos obtenidos de emisiones Piñón B5

ANEXO IX

TABLAS DE MEDICIONES OBTENIDAS

Prueba de emisiones de Biodiésel B10 Piñón				
RPM	CO (% Vol.)	CO2 (% Vol.)	O2 (% Vol.)	NOx (ppm Vol.)
Ralenti /600a700				
Prueba 1	0,11	1,5	18,47	172
Prueba 2	0,08	1,5	18,55	182
Prueba 3	0,07	1,6	18,31	178
Promedio Total	0,08	1,53	18,44	176,66
1000				
Prueba 1	0,13	1,5	18,63	158
Prueba 2	0,09	1,5	18,38	166
Prueba 3	0,06	1,6	18,49	170
Promedio Total	0,093	1,53	18,5	164,66
1500				
Prueba 1	0,14	1,5	18,45	108
Prueba 2	0,10	1,6	18,20	115
Prueba 3	0,08	1,6	18,31	113
Promedio Total	0,10	1,56	18,32	112
2500				
Prueba 1	0,14	1,8	17,46	92
Prueba 2	0,11	2,0	17,26	97
Prueba 3	0,09	2,0	17,41	92
Promedio Total	0,11	1,93	17,37	93,66

Figura AIX. 9 Datos obtenidos de emisiones Piñón B10