



PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE TRES TIPOS DE SEMILLA DE *RICINUS COMMUNIS* (HIGUERILLA) MEDIANTE PROCESO QUÍMICO Y ENZIMÁTICO Y UTILIZACIÓN DEL RESIDUO DE LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE COMO BIOCOMBUSTIBLE

Presentado por:

DANIELA ANDREA PERALTA GONZALEZ
LEIDY PAOLA ROMERO PEREZ

DIRECTORA: DRA. GRACIELA CHALELA ALVAREZ
CO-DIRECTOR: M.SC. LUIS EDUARDO JAIMES
ASESORA: M.SC. YOHANA CASTRO HERNANDEZ

TABLA DE CONTENIDO

Introducción

Objetivos

Metodología

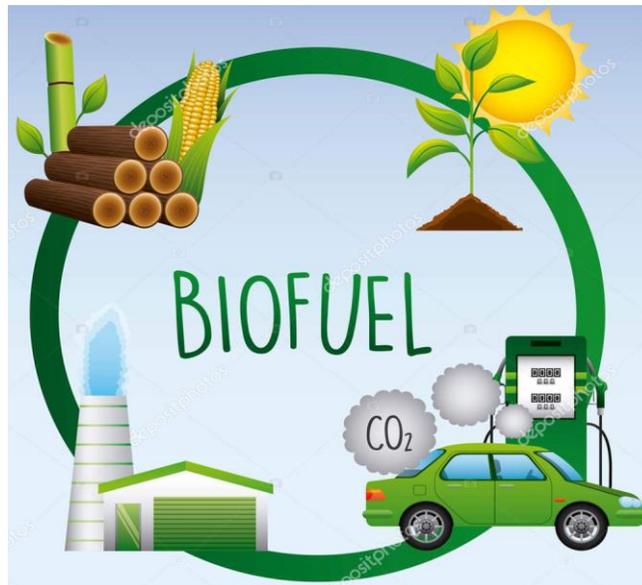
Desarrollo y Resultados

Recomendaciones

Conclusiones

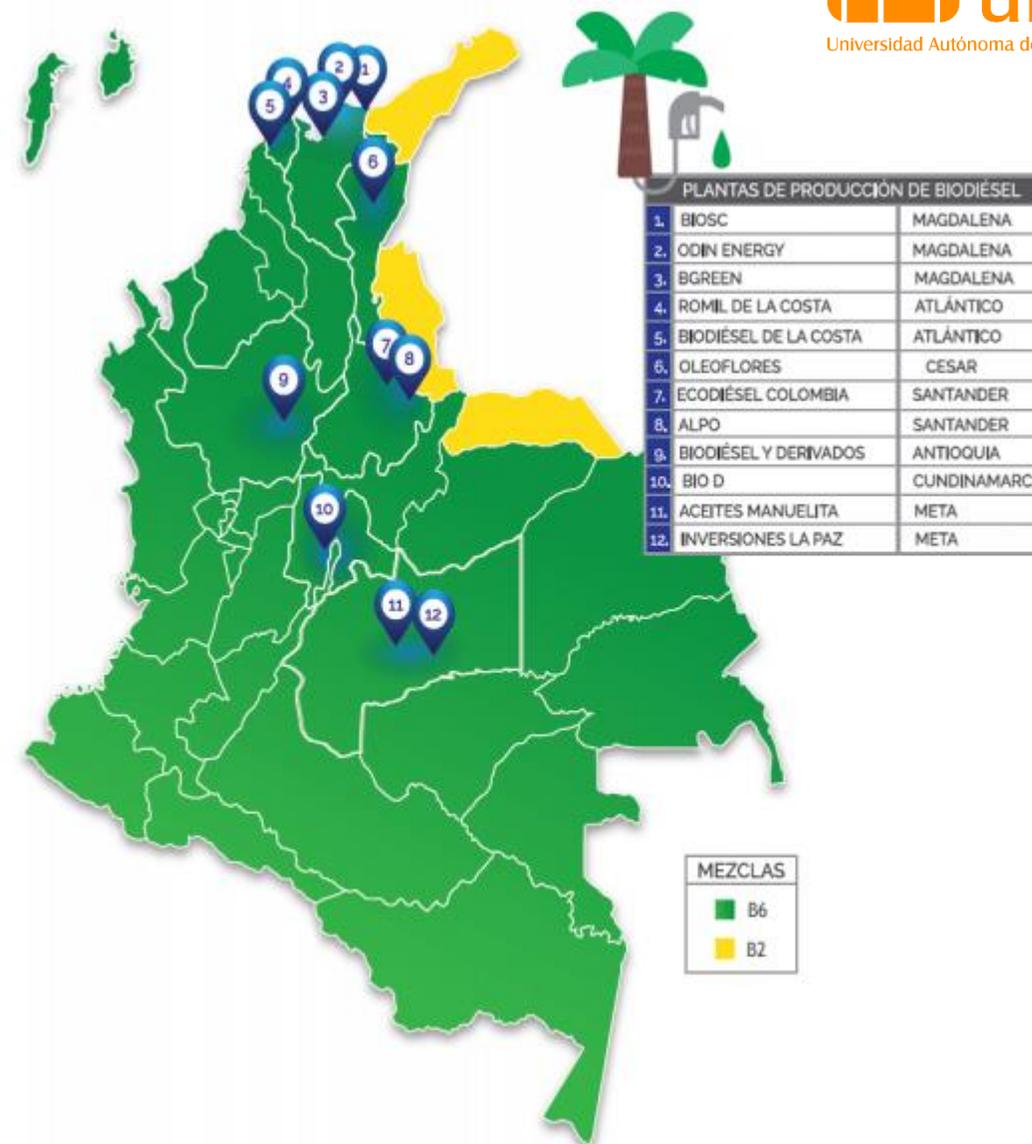
Referencias bibliográficas

INTRODUCCIÓN



Región	Empresa	Capacidad (T/año)	Fecha entrada en Operación
Santa Marta, Magdalena	Biocombustibles Sostenibles del Caribe	152.000	2009/03/01
Codazzi, Cesar	Oleoflores	70.000	2008/01/01
Barranquilla, Atlántico	Romil de la Costa	0	
Gálapa, Atlántico	Biodiésel de la Costa	0	
Santa Marta, Magdalena	Odín Energy	35.000	
Facatativá, Cundinamarca	BioD	200.000	2009/02/01
Barrancabermeja, Santander	Ecodiesel Colombia	115.000	2008/06/01
San Carlos de Guaroa, Meta	Aceites Manuelita	120.000	2009/07/01
San Carlos de Guaroa, Meta	Inversiones La Paz	70.000	
Barrancabermeja, Santander	ALPO	12.000	
Santa Marta, Magdalena	Biocosta Green Energy	70.000	
Total		844.000	

Tabla 1. Plantas de producción de Biodiesel en Colombia



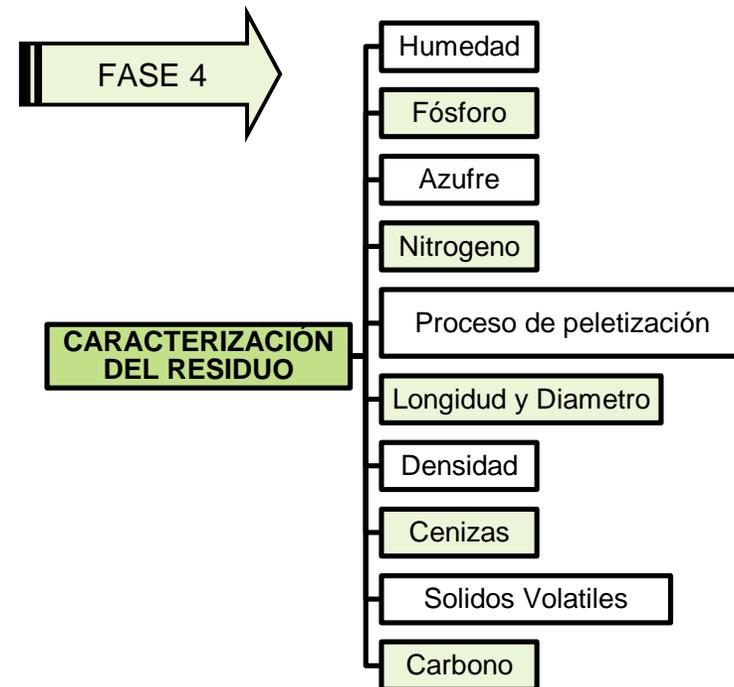
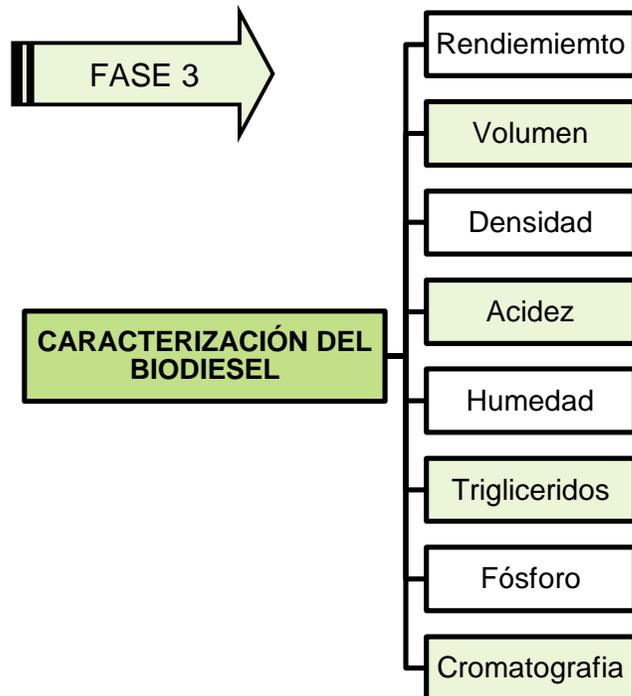
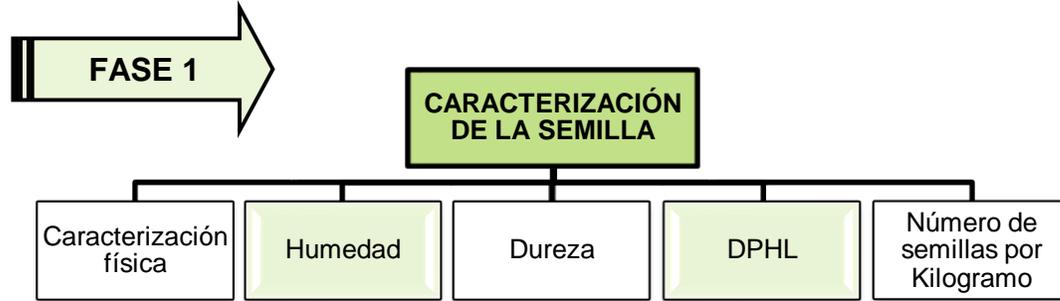
OBJETIVO GENERAL

Producir Biodiesel a partir de tres tipos de semilla de *Ricinus communis* mediante proceso químico y enzimático y utilización del residuo de la extracción del aceite como biocombustible.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar físicamente los tipos de semillas de *Ricinus communis*: Mirante 10, Sipeal 28 y Sangué-De-Boi.
- Determinar las características fisicoquímicas del aceite producido a partir de las semillas, tales como: densidad, triglicéridos, humedad, viscosidad y acidez.
- Realizar el proceso de transesterificación de cada aceite obtenido mediante método químico y enzimático.
- Comparar la calidad del biodiesel obtenido de cada una de las semillas por medio de parámetros seleccionados de las normas NTC 5444 y ASTM D6751.
- Elaborar pellets a partir del residuo de la extracción de aceite de higuera.

METODOLOGÍA



DESARROLLO Y RESULTADOS

FASE I. CARACTERIZACIÓN DE LAS SEMILLAS



1. SIPEAL 28



2. MIRANTE 10

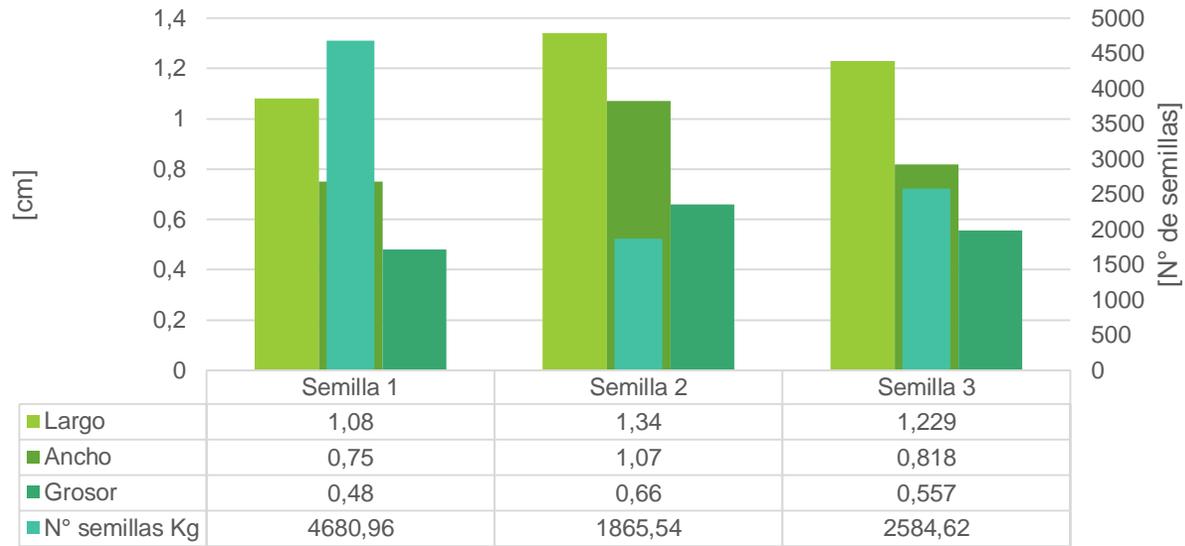


3. SANGUE DE BOI



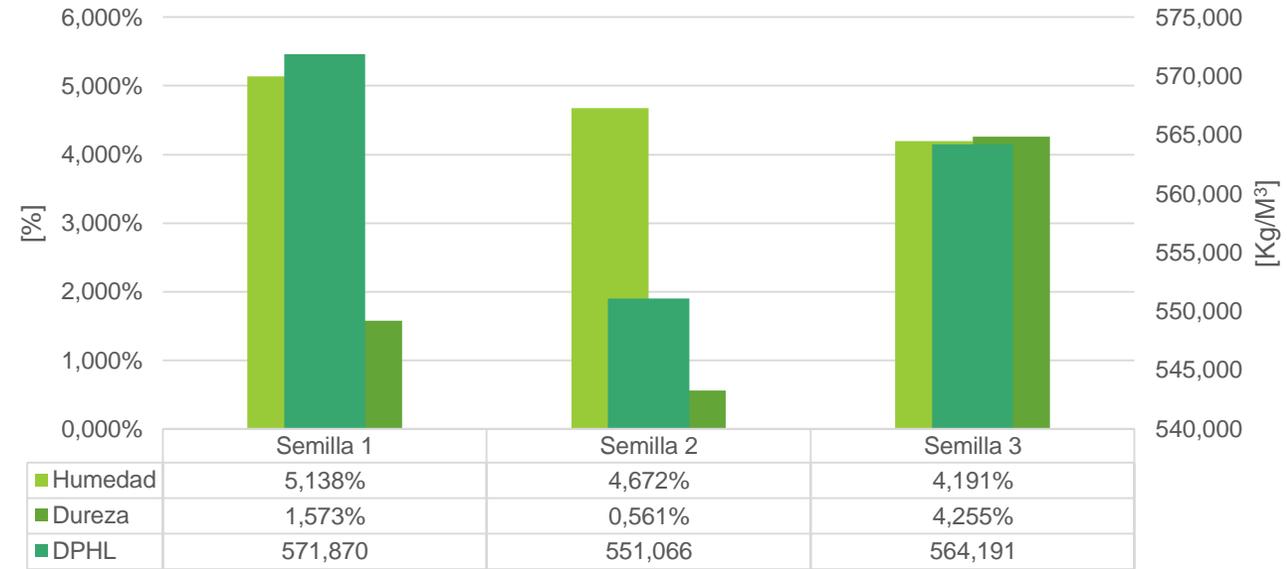
RESULTADOS FASE I

Caracterización física y N° de semillas por Kg



Tipos de semillas

Humedad, DPA y DPHL



Tipos de semillas

EXTRACCIÓN DEL ACEITE

Desactivar la
toxina de las
semillas

Secado de las
semillas en el horno
durante 1 hora

Prensado en frío de
las semillas

Filtrado del
aceite obtenido



FASE II. CARACTERIZACIÓN DE LOS ACEITES



Pruebas realizadas a los aceites

volumen

densidad

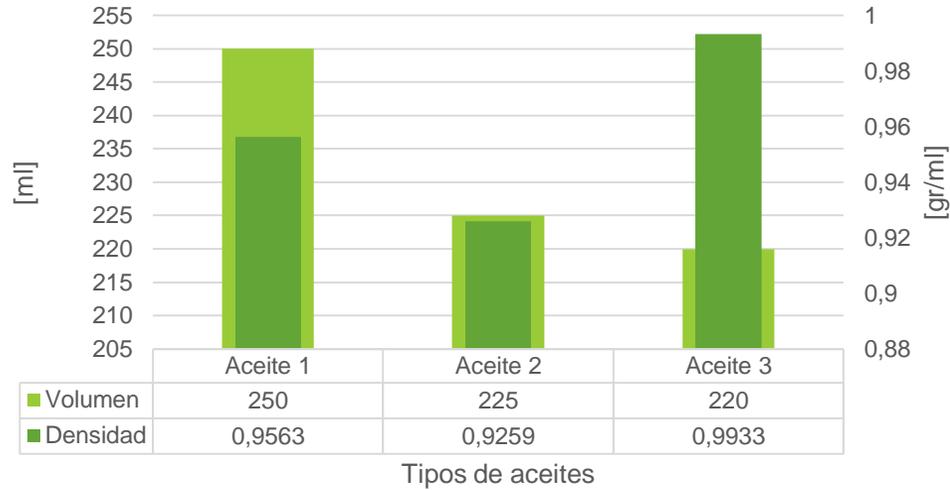
acidez

viscosidad

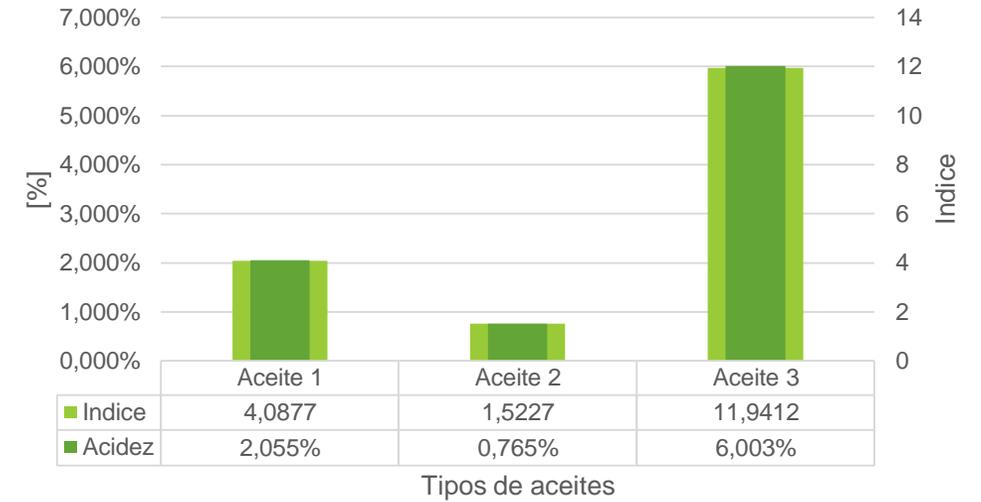


RESULTADOS FASE II

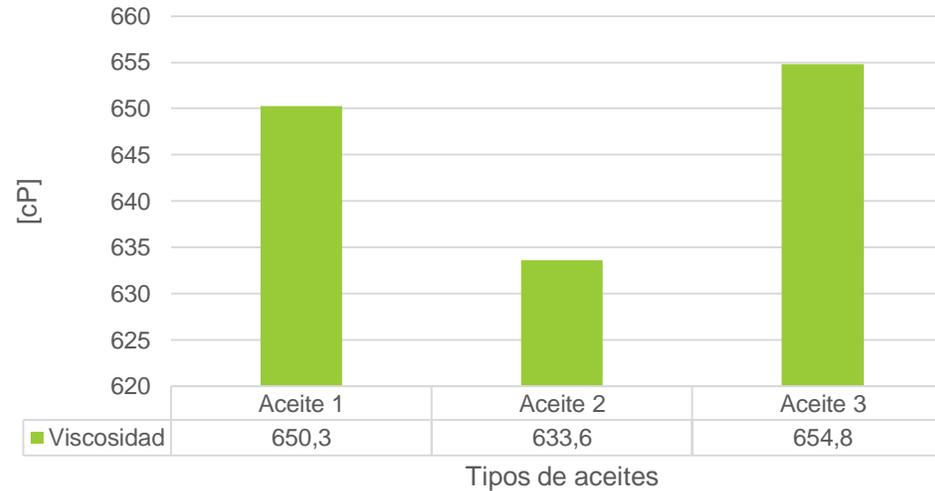
Volumen y Densidad de los aceites



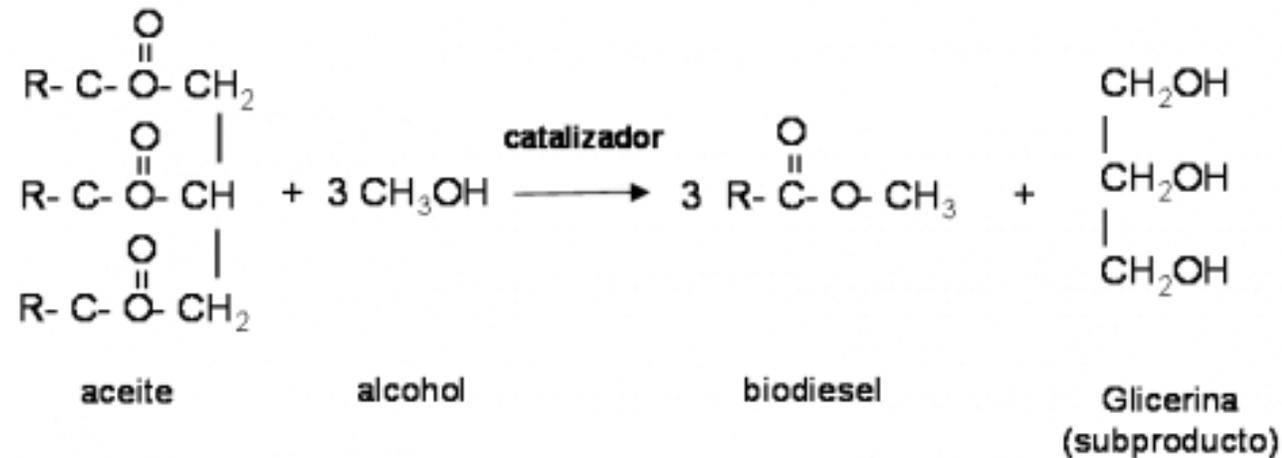
Acidez e Indice de Acidez del Aceite



Viscosidad



TRANSESTERIFICACIÓN



Producción De Biodiesel Por Método Químico

FACTORES	NIVELES
Temperatura	50°C
	60°C
Tiempo	1 hora
	2 horas
Relación molar	1:6
	1:12

Tabla 2. Condiciones del diseño experimental
Fuente: Elaboración propia

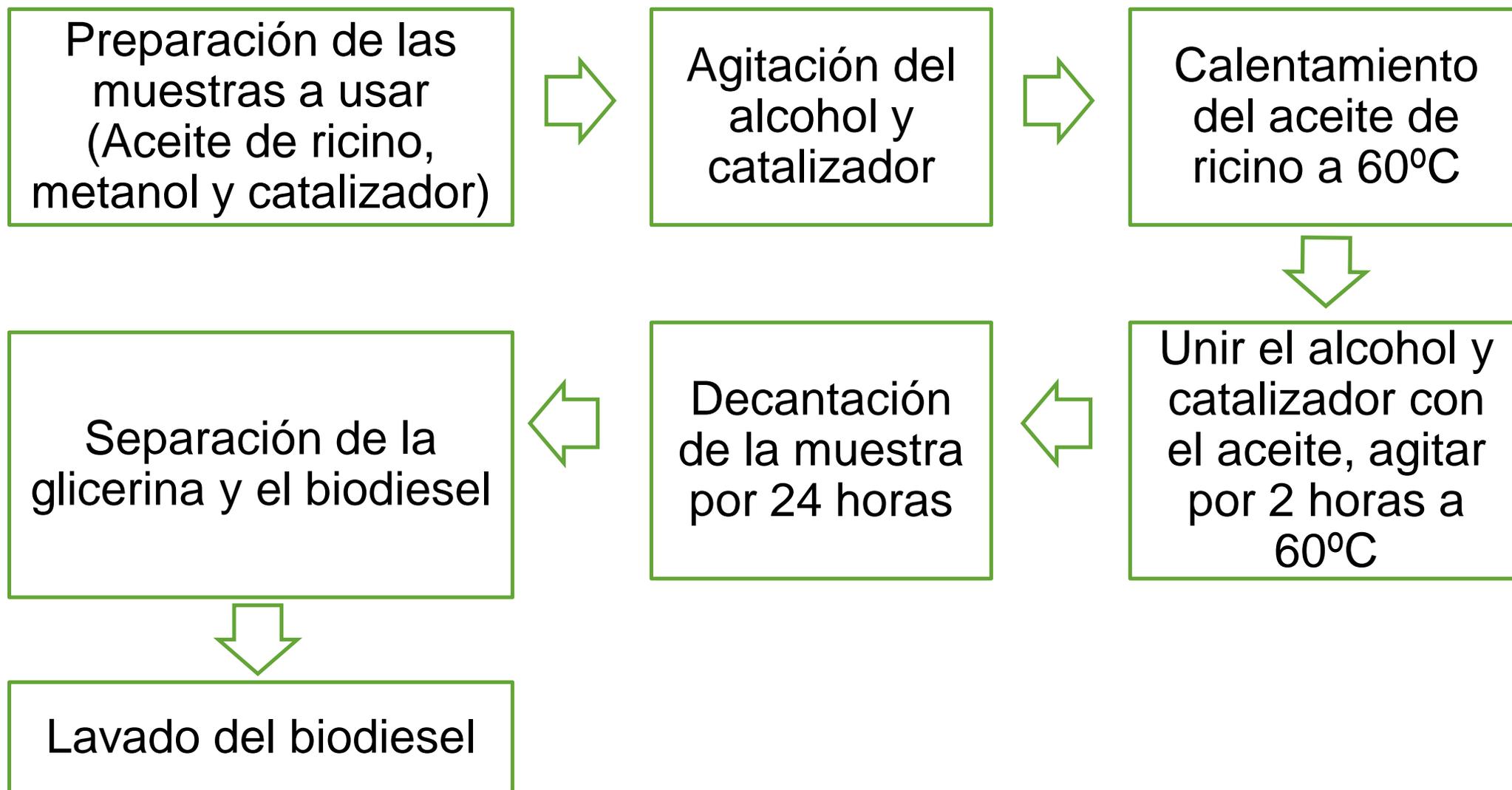
CONDICIONES FIJAS	
Cantidad de aceite	150 gramos
Velocidad de agitación	350 RPM
Catalizador (KOH –)	1% del peso del aceite

Tabla 3. Condiciones del diseño experimental
Fuente: Elaboración propia

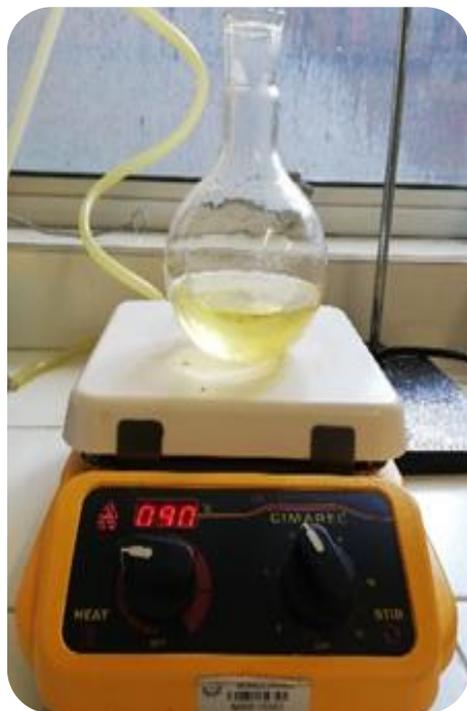


Resultados del diseño experimental del proceso de transesterificación por método químico

Producción De Biodiésel Por Método Químico



Producción De Biodiesel Por Método Químico



Proceso de producción del biodiesel por vía química

Fuente: Elaboración propia

Producción De Biodiesel Por Método Enzimático

FACTORES	NIVELES
Temperatura	30°C
	40°C
Tiempo	1 hora
	2 horas
Biocatalizador/Aceite	5%
	10%
	20%

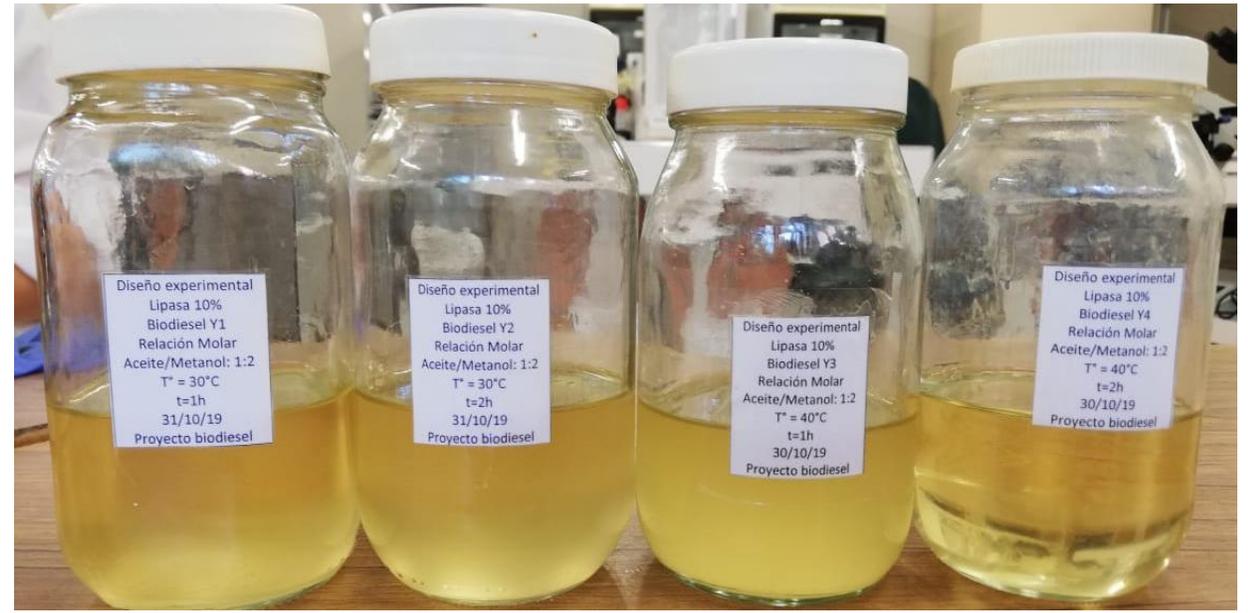
Tabla 4. Condiciones del diseño experimental
Fuente: Elaboración propia

CONDICIONES FIJAS	
Cantidad de aceite	150 gramos
Velocidad de agitación	250 RPM
Metanol	32 Gramos

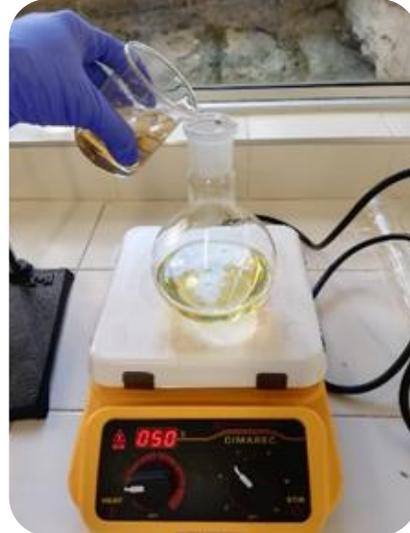
Tabla 5. Condiciones fijas usadas en el diseño experimental Fuente: Elaboración propia



BIOCATALIZADOR- LIPASA COMERCIAL



Producción De Biodiesel Por Método Enzimático



Calentamiento
del aceite a
35°C



Mezcla del
aceite y la
enzima
LIPASA

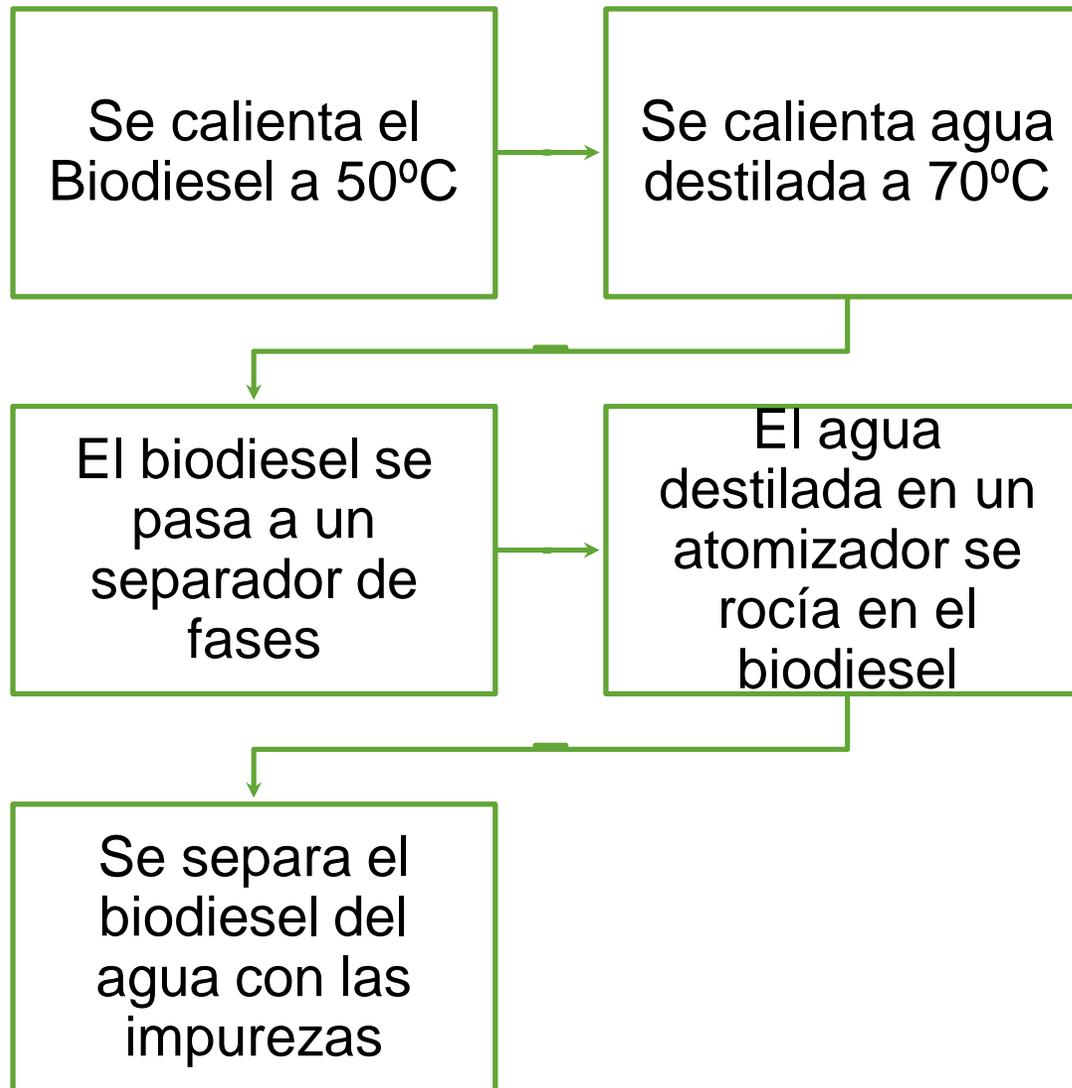


Adición del
metanol a la
mezcla
anterior



Proceso de
transesterificación
durante 2 horas a
30°C

Lavado Del Biodiesel



Biodiesel Método Químico



Glicerina Método Químico



Biodiesel Método Enzimático



Glicerina Método Enzimático



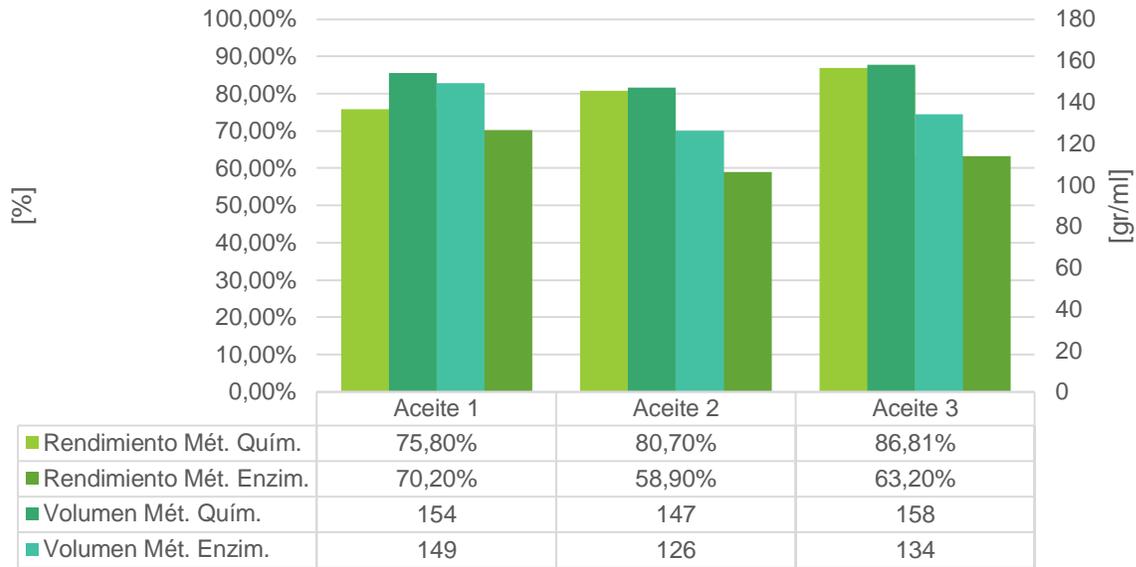
FASE III. CARACTERIZACIÓN DEL BIODIESEL

PROPIEDAD	UNIDADES	REQUISITO
Densidad a 15° C	kg/m^3	860 - 900
Número de cetano	Cetanos	47 mínimo
Viscosidad	mm^2/s	1,9 - 6.0
Contenido de agua	mg/kg	500 máximo
Contaminación total	mg/kg	24 máximo
Punto de inflamación	° C	120 mínimo
Contenido de metanol o etanol	% en masa	0,2 máximo
Numero acido	Mg de KOH/g	0,5 máximo
Índice de Yodo	gr Yodo / 100 gr	120 máximo
Punto de nube	° C	Reportar (1)
Carbón residual	% en masa	0.3 máximo
Contenido de fosforo	mg/kg	10 máximo
Contenido de Ester	% en masa	96,5 mínimo
Glicerina Libre	% en masa	0,02 máximo
Glicerina Total	% en masa	0,25 máximo
Contenido de triglicéridos	% en masa	0,2 máximo

Tabla 6. Valores según la Norma Técnica Colombiana 5444

RESULTADOS FASE III

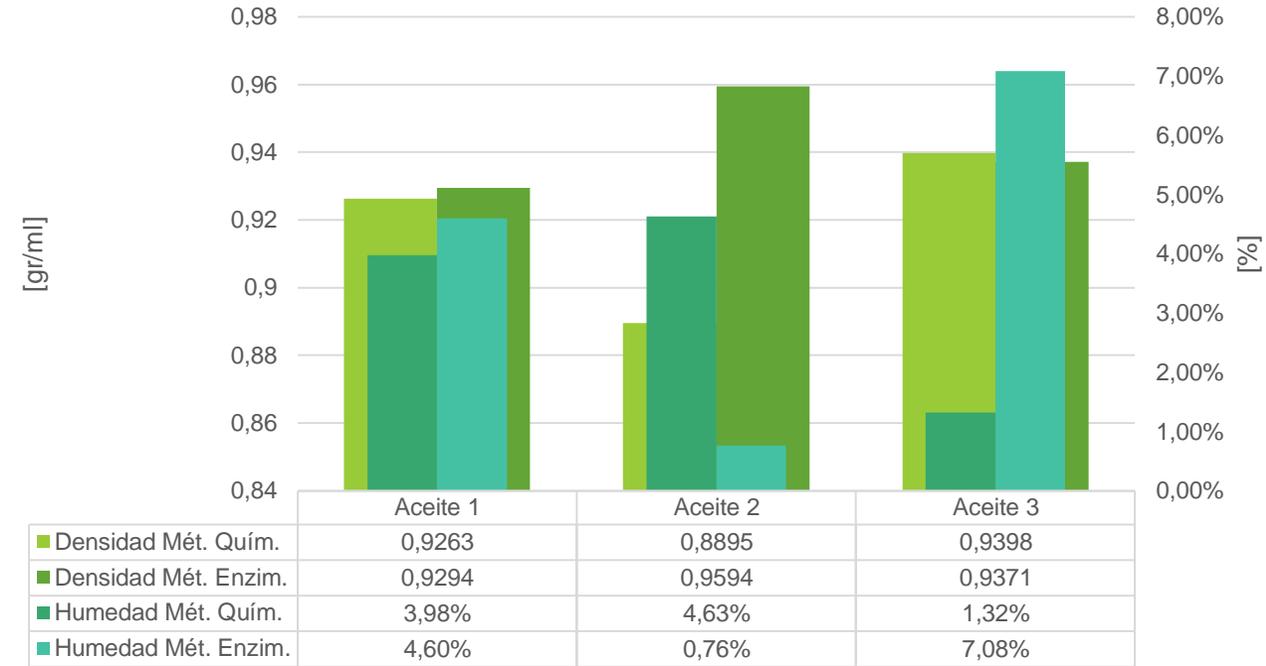
Rendimiento de la reacción de transesterificación y Volumen



Tipos de biodiesel



Densidad y Humedad de los Biodiesel

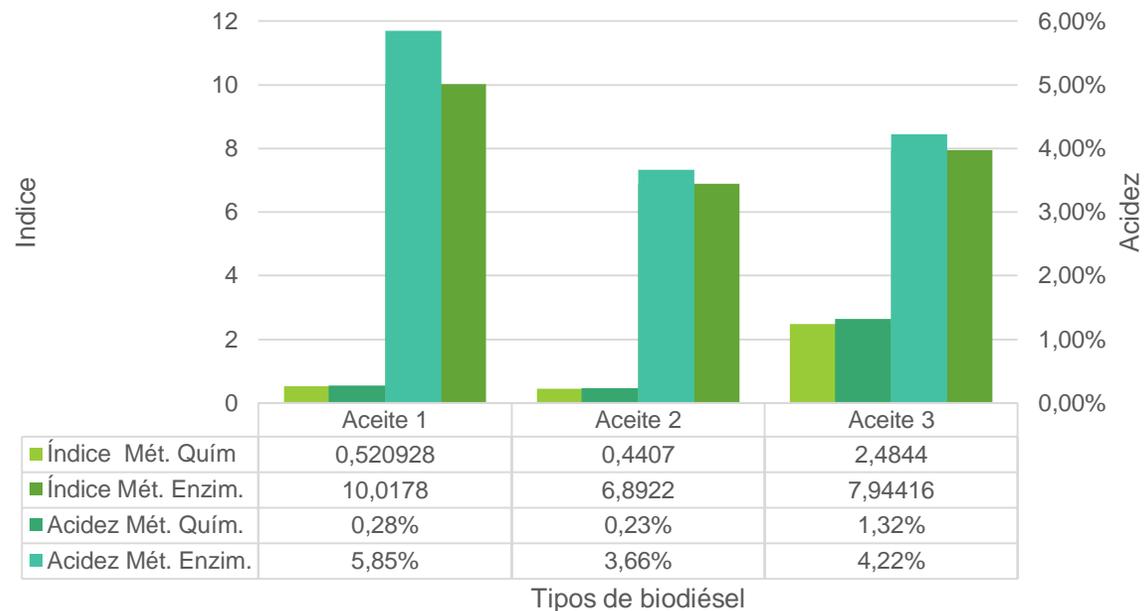


Tipos de biodiésel

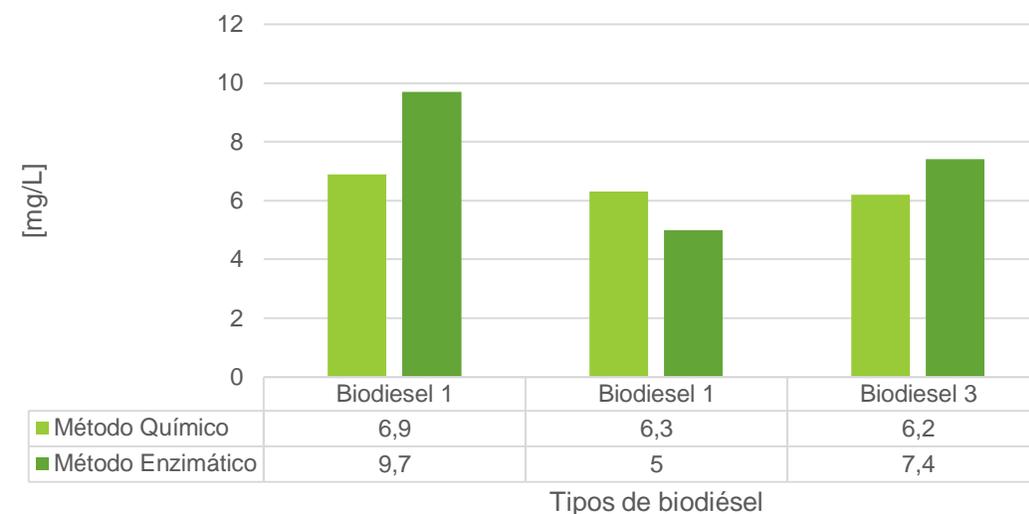


RESULTADOS FASE III

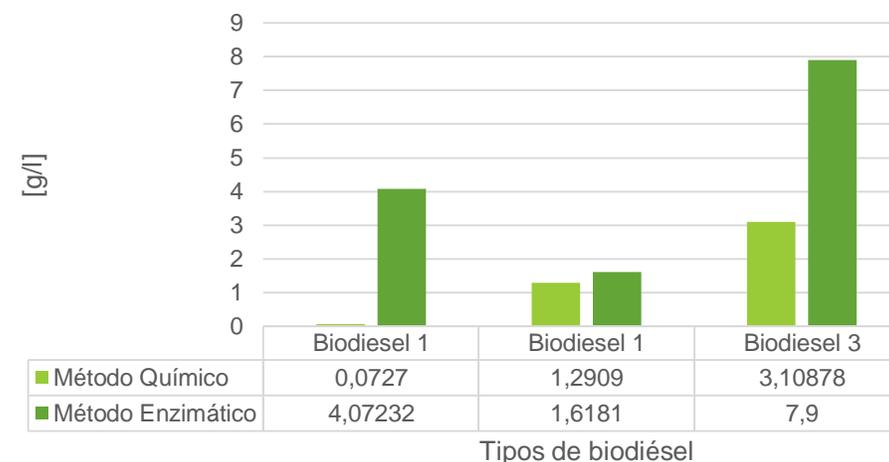
Índice y Acidez de los Biodiésel



Fósforo total de los Biodiésel

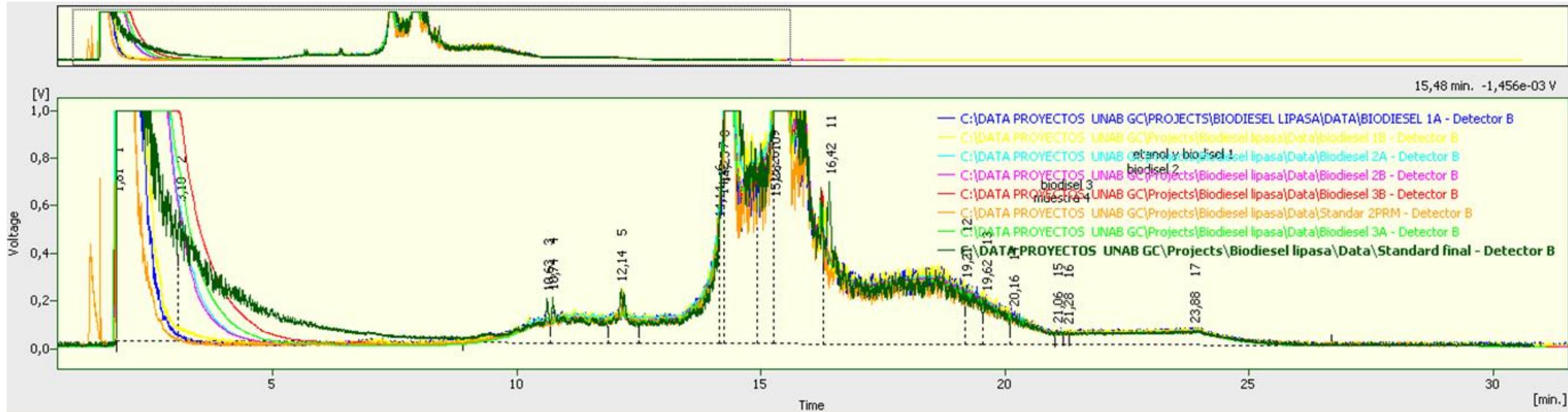


Trigliceridos



Spectrofotómetro

RESULTADOS FASE III



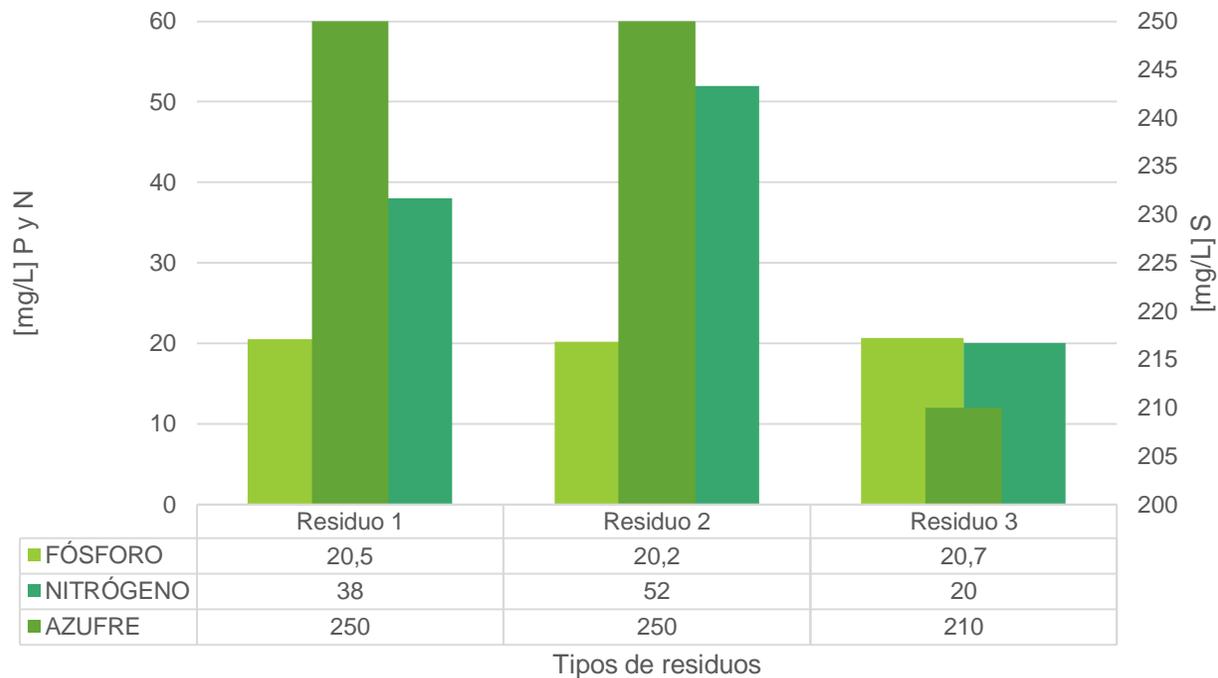
Cromatografo DANI

FASE IV. CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO

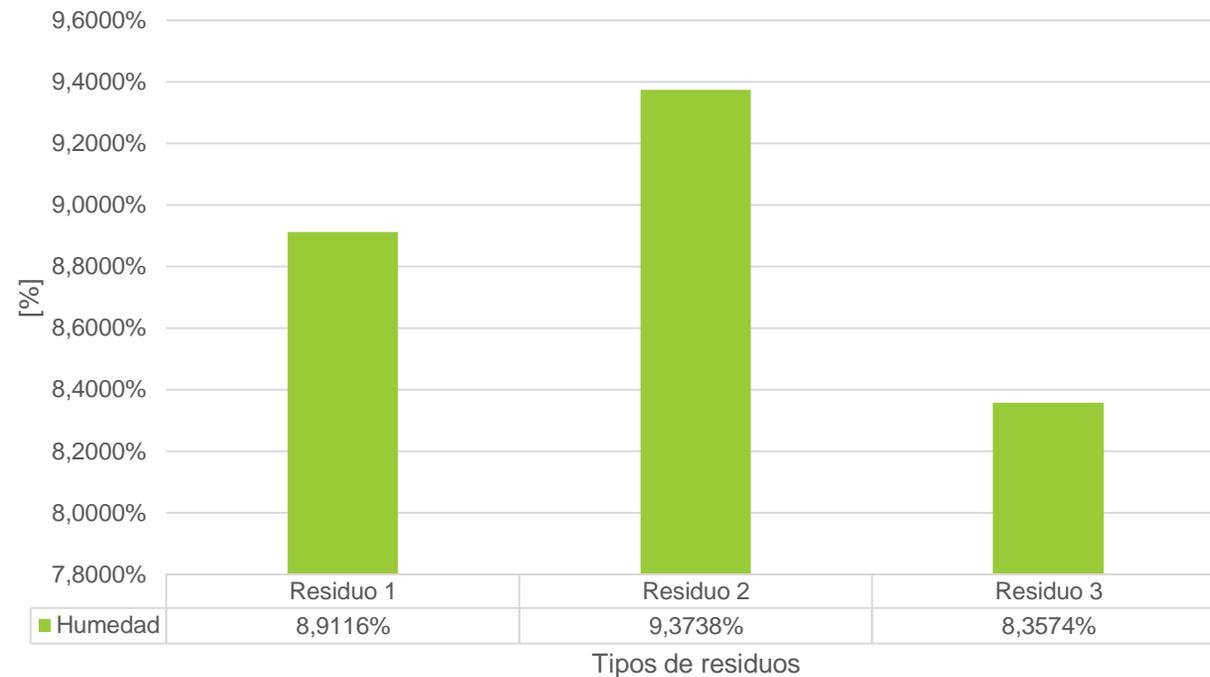


RESULTADOS FASE IV

Fósforo, Azufre y Nitrógeno de los Biodiésel



Humedad de los residuos



PROCESO DE PELETIZACIÓN

MATERIALES

Aserrín

Agua

Residuo obtenido de las semillas

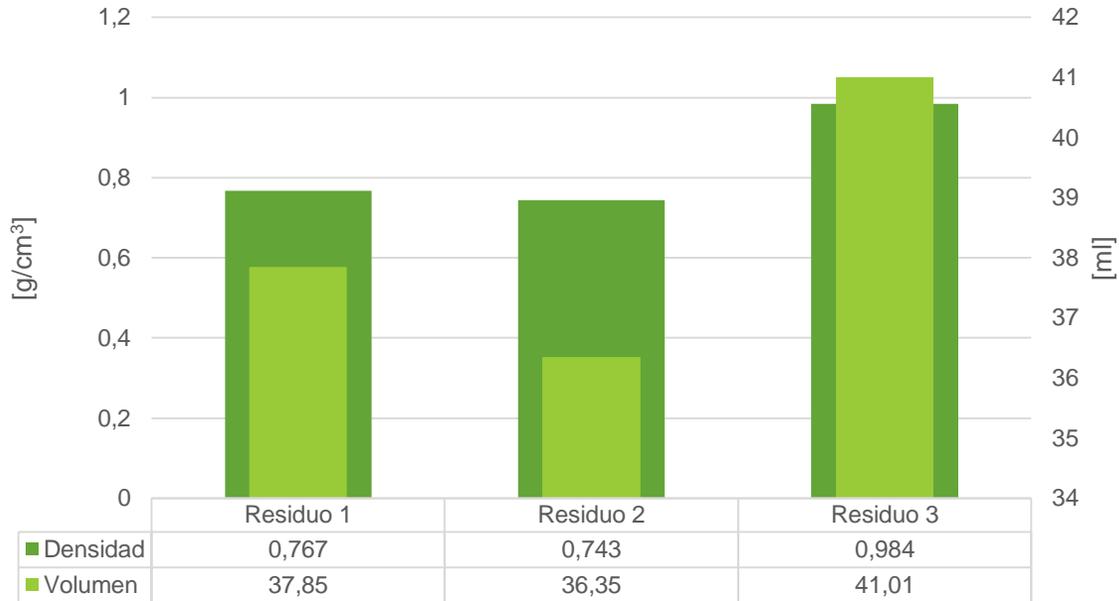


Parámetro	Unidad	Pellet	Briqueta
Diámetro (D)	Mm	4 - 10	40 - 120
Longitud	Mm	<5*D	<400
Densidad a Granel	Kg/m ³	>600	
Densidad de Partícula	Kg/m ³	>1,12	>1
Contenidos de Agua	Wt%(b.h)	<10	<10
Contenido de Cenizas	Wt%(b.s)	<0,5	<0,5
Abrasión	Wt%(b.h)	<2,3	
Poder Calorífico Inferior	MJ/kg(b.s)	>18	>18
C	Wt%(b.s)	~50	~50,5
H	Wt%(b.s)	~6	~5,6
N	Wt%(b.s)	<0,3	<0,3
S	mg/kg (b.s)	<400	<400
Cl	mg/kg (b.s)	<200	<200
K	mg/kg (b.s)	~490	~600
Cd	mg/kg (b.s)	<0,5	<0,5
Pb	mg/kg (b.s)	<10	<10
Zn	mg/kg (b.s)	<100	<100
Cr	mg/kg (b.s)	<8	<8
Cu	mg/kg (b.s)	<5	<5

Tabla 7. Valores de la norma para pellets y briquetas

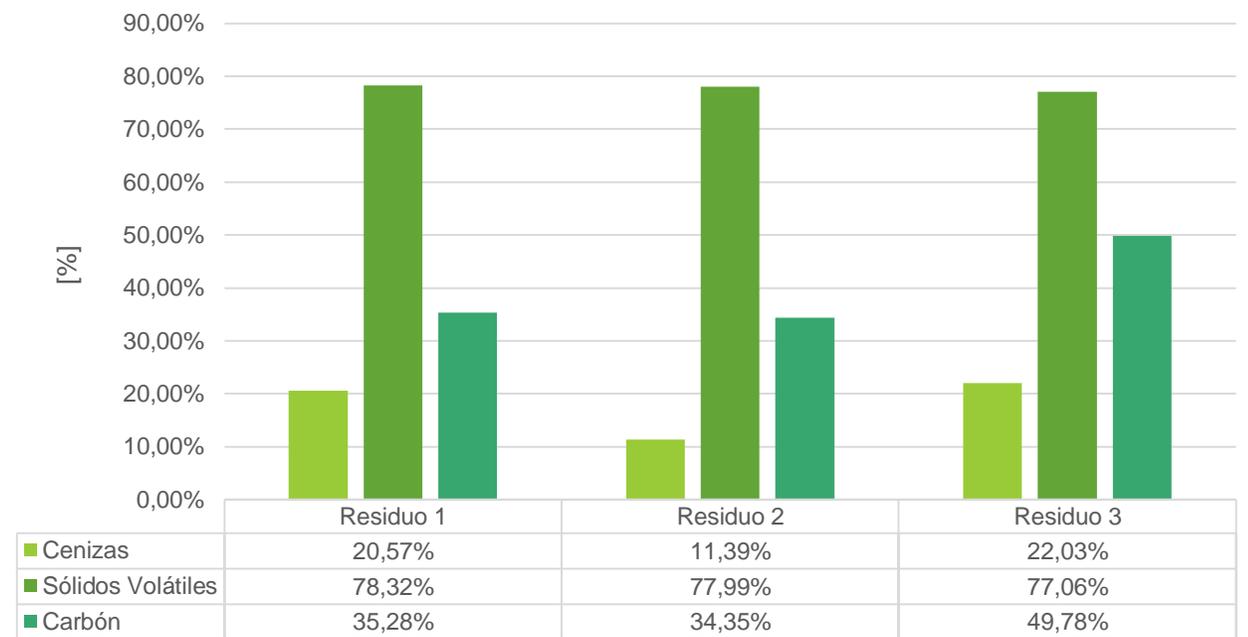
RESULTADOS FASE IV

Volumen y Densidad de los Pellets

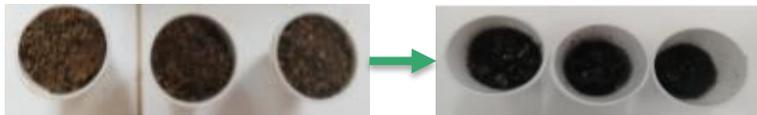


Tipos de residuos

Cenizas, Sólidos Volátiles y Carbón de los Pellets



Tipos de residuos



Prueba de cenizas de los pellets



Prueba de sólidos volátiles de los pellets



Prueba de Carbono de los pellets

COMPARACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN DE PELLETS DE HIGUERILLA Y DE RESIDUOS DE FRIJOL

PELLETS	% CENIZAS		% SÓLIDOS VOLÁTILES		% CARBONO		% HUMEDAD	
	Pellets de Higuierilla	Pellets de Frijol						
Residuo Semilla 1	20,57		78,32		35,28		8,9116	
Residuo Semilla 2	11,39	6,22	77,99	93,65	34,35	53,98	9,3738	10,7
Residuo Semilla 3	22,03		77,06		49,78		8,3574	

Tabla 8. Comparación de caracterización pellets de higuierilla y de frijol

FASE V. PRODUCCIÓN DE LIPASA A PARTIR DEL HONGO

Aspergillus niger



Fotografía del Hongo Aspergillus Níger

RESULTADOS FASE V

Aspergillus niger incubado en diferentes sustratos



Aceite Vegetal 02/10/19



Aceite de Oliva 02/10/19



Aceite de Coco 02/10/19



Aceite Vegetal 16/10/19



Aceite de Ricino 16/10/19



Aceite de Oliva 16/10/19

Tabla 9. Imágenes de los resultados de la incubación de los hongos *Aspergillus niger*

RESULTADOS FASE V

Aspergillus niger utilizado en pruebas con manteca solida

Caja Petri	Muestras de caja Petri y enzima cruda I
	
Muestras de caja Petri y enzima cruda II	Muestras de caja Petri y enzima cruda III
	

Tabla 10. Imágenes de los resultados de la incubación de los hongos *Aspergillus niger* en manteca

RESULTADOS FASE V

Aspergillus niger utilizado en pruebas con manteca diluida

EC. Oliva1	EC. Coco	EC. Ricino	EC. Girasol 1	EC. Oliva 2
				
EC.Girasol2			Lipasa comercial	
				

RESULTADOS FASE V



*Fotografía de lipasa elaborado a partir del hongo *Aspergillus niger* siendo usada para elaborar biodiesel con aceite de ricino comercial*

CONCLUSIONES

- A partir de los diseños experimentales tanto en la transesterificación química como enzimática, se pudo concluir que la relación molar más adecuada de aceite/alcohol era de 1:6, pudiendo notar en los experimentos y en literatura, que el tiempo de reacción, la temperatura y la velocidad de agitación son puntos fundamentales, el rendimiento será mayor con un tiempo de 2 horas, una temperatura de 50-60° y una velocidad de 350 RPM.
- Los biodiesel obtenidos a partir de la semilla 1 y 2, y por el método de transesterificación química cumplen con la mayoría de los parámetros evaluados según la NTC 544 tales como densidad, Acidez, triglicéridos y cromatografía.
- El biodiesel obtenido de la semilla 3 por vía química presenta un alto valor de acidez (1,3197 mg KOH/g aceite), lo cual es una desventaja ya que esta característica puede ocasionar corrosión en el sistema.

CONCLUSIONES

- Aplicando la transesterificación enzimática con el uso de la Lipasa comercial (XX Split 25 L) es posible la obtención de biodiesel a partir del aceite de higuera utilizando metanol, con mínima producción de desechos contaminantes. No se presentó en ninguno de los experimentos formación de emulsiones u otro tipo de fenómenos que pudieran dificultar la purificación de biodiesel.
- De las 3 semillas usadas en la transesterificación enzimática, la semilla 2 fue la que más cumplió los parámetros según la NTC 544, los cuales son densidad, humedad y triglicéridos.
- La cantidad de residuo generado por la extracción de aceite de las semillas de higuera fue suficiente para ser considerada una opción como combustible y que su uso en el negocio de la paletización sea favorable.
- El residuo de la semilla 3 puede ser considerado el óptimo para uso como combustible debido a su bajo porcentaje de agua y su alto contenido de cenizas que indica que la reacción de combustión sería más rápida que con los otros dos residuos, sin embargo, los otros dos residuos también tienen un poder de combustión óptimo.

CONCLUSIONES

- El porcentaje de Carbono en la materia orgánica debe contener 58% de C aproximadamente, según esto los pellets elaborados a partir del residuo de la semilla 3 fueron los mas cercanos según la norma
- El contenido de cenizas es una variable importante ya que representa todo el material que no fue quemado y esta compuesto por materiales inorgánicos, derivados de potasio, calcio, magnesio y otros. De los pellets elaborados, el contenido de cenizas fue mayor al que dicta la norma, sin embargo esto no representa problemas mayores para la disposición final de estos, la causa podría ser que el contenido de cenizas depende de la biomasa utilizada
- De los cromatogramas se puede concluir que el cambio del catalizador no influye en la calidad del biodiesel, que se observo que todos los biodiesel obtenidos tenían un comportamiento similar.

RECOMENDACIONES

- Se debe calentar previamente el aceite antes del proceso de reacción, para eliminar cualquier rastro de humedad.
- Es importante que después de la extracción del aceite hacerle una limpieza, para eliminar partículas indeseables que puedan producir un biodiesel de menor calidad.
- Se recomienda en el método enzimático dejar la reacción más de 24 horas en el embudo de separación, ya que se observó que se tiene una mejor apreciación de las fases que se formaron de biodiesel y glicerina.
- Realizar la prueba de poder calorífico a los pellets mediante la bomba calorífica para obtener este parámetro y saber si los pellets obtenidos a partir del residuo pueden ser aprovechados.

RECOMENDACIONES

- Se debe buscar una forma para poder realizar los pellets de manera industrializada, y no mecánicamente.
- De otra manera se necesita realizarles pruebas a las cenizas obtenidas para saber que uso final darles.
- Es importante realizar la prueba de esteres a los biodiesel obtenidos para determinar si pueden si cumplen con este parámetro y saber si pueden ser utilizados comercialmente.
- Es importante realizar el estudio necesario para determinar los principales beneficios e inconvenientes en un cultivo de higuera utilizado de forma para la producción de biodiesel.