

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-SB-12/v0
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	Página	1/193

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): ASTRID ZULEIMA APELLIDOS: ACEVEDO RODRIGUEZ
 NOMBRE(S): LUIS CARLOS APELLIDOS: BECERRA OROZCO

FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
 PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AMBIENTAL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JUAN CAMILO APELLIDOS: ACEVEDO PÁEZ
 NOMBRE(S): NÉSTOR ANDRÉS APELLIDOS: URBINA SUAREZ

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE TRANSESTERIFICACIÓN QUÍMICA Y ENZIMÁTICA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE FRITURA.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo producir biodiesel a partir de aceite residual de fritura (ARF), utilizando transesterificación química y enzimática para determinar el mejor proceso en cuanto a eficiencia y calidad. Se evaluaron tiempos de reacción (55 y 70 minutos), temperatura de 60°C, concentración de catalizador 1% (m/m) KOH, y una relación aceite:metanol de 1:6 para la transesterificación química; y tiempos de reacción (3 y 6 horas), temperatura de 38 °C, una concentración de la enzima lipasa XX 25 Split líquida del 5% y relación aceite:metanol de 1:3 para la transesterificación enzimática. Se analizaron las propiedades fisicoquímicas de la materia prima, en donde el ARF mostró alto contenido de ácido oleico (42,45%) y ácido palmítico (33,52%), los cuales son fundamentales para la producción de biodiesel. En el biodiesel obtenido se evaluó el contenido de ésteres, como variables de respuesta para determinar la calidad del mismo. Obteniendo para el proceso químico porcentaje de conversión del 89,4% y para el proceso enzimático porcentaje de conversión del 50%, siendo inferior al valor reportado por la EN 14214 el cual se encuentra en 96,5%.

PALABRAS CLAVE: Aceite residual de fritura, transesterificación química, transesterificación enzimática, biodiesel

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 193 TABLAS: 20 FIGURAS: 33 CD ROOM: 1

Elaboró		Revisó		Aprobó	
Equipo Operativo del Proceso		Comité de Calidad		Comité de Calidad	
Fecha	24/10/2014	Fecha	05/12/2014	Fecha	05/12/2014

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE TRANSESTERIFICACIÓN
QUÍMICA Y ENZIMÁTICA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE
DE FRITURA

ASTRID ZULEIMA ACEVEDO RODRIGUEZ

LUIS CARLOS BECERRA OROZCO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA AMBIENTAL

CÚCUTA

2017

ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE TRANSESTERIFICACIÓN
QUÍMICA Y ENZIMÁTICA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE
DE FRITURA

ASTRID ZULEIMA ACEVEDO RODRÍGUEZ

LUIS CARLOS BECERRA OROZCO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniero Ambiental

Director:

JUAN CAMILO ACEVEDO PÁEZ

Magíster en Gestión Integrada de la Calidad, Seguridad y Medio Ambiente

Co-Director:

NESTOR ANDRES URBINA SUÁREZ

Magíster en Biotecnología y Bioingeniería

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS INGENIERÍA AMBIENTAL

CÚCUTA

2017

ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO

FECHA: 25 DE MAYO DE 2017

HORA: 18:00

LUGAR: SALA DE JUNTAS FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE.

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO: "ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DE LOS PROCESOS DE TRANSESTERIFICACIÓN QUÍMICA Y ENZIMÁTICA EN LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PARTIR DE ACEITE DE FRITURA."

MODALIDAD: INVESTIGACIÓN

JURADOS: MARTHA TRINIDAD ARIAS P.
CARLOS EUGENIO TORRES P.
WALTER BYRON PINEDA ISAZA

DIRECTOR: JUAN CAMILO ACEVEDO PÁEZ
CO-DIRECTOR: NÉSTOR ANDRÉS URBINA SUÁREZ

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACIÓN
ASTRID ZULEIMA ACEVEDO RODRÍGUEZ	1650103	4.5
LUIS CARLOS BECERRA OROZCO	1650084	4.5

OBSERVACIONES:
MERITORIA

FIRMA DE LOS JURADOS:


MARTHA T. ARIAS P.


CARLOS E. TORRES P.


WALTER B. PINEDA ISAZA.

Vo.Bo. Coordinador Comité Curricular


JOSE MANUEL VILLAMIZAR IBARRA

Dedicatoria

A Dios, por iluminar el camino que estoy siguiendo y traer a mí oportunidades que solo se presentan una vez en la vida, por ayudarme a superar los obstáculos que se me presenta, brindarme buena salud, fortaleza y ganas de aprender cosas nuevas. Dedico al ÉL, todos mis logros obtenidos.

A mi padre Carlos Arturo Becerra Rueda, por el apoyarme, guiarme, aconsejarme y convertirme en un hombre de bien. Especialmente por todos los sacrificios que hizo para que nunca me faltara nada y apoyarme en mis estudios.

A mi madre Rosalba Orozco Torres, por el amor y apoyo incondicional, por el tiempo que dedico en criarme y gasto en educarme, por ayudarme a ser mejor persona, por velar siempre por mi seguridad y creer en mí. Madre, Gracias por todo lo que has hecho por mí hasta ahora. Te amo.

A mi Hermano Michel Kenny Becerra Orozco, Por su apoyo incondicional y velar por mí para que sea una mejor persona, Por impulsarme a seguir adelante y motivarme a culminar todo lo que me propongo.

A mi compañera Astrid Acevedo, por emprender esta odisea conmigo, por brindarme su amistad y apoyo incondicional en los momentos de dificultad y cansancio, Muchas gracias Astrid.

Pon tu corazón, mente, intelecto y alma incluso en tus actos más pequeños.

Ese es el secreto del éxito

“Swami Sivananda”

Gracias,

Luis Carlos Becerra Orozco

Dedicatoria

A Dios, por guiarme hasta donde estoy ahora, iluminando cada noche en vela de este camino, por brindarme esa esperanza, perseverancia, fuerza y sabiduría para afrontar los obstáculos de la vida.

A mi madre, Emperatriz Rodríguez, por la dedicación y paciencia que ha tenido conmigo a lo largo de estos años, por creer en mí, y sobre todo por el inmenso amor que me ha brindado para poder ser una mejor persona. Gracias por ser mi cómplice, mi mejor amiga.

A mi padre, Pablo Emilio Acevedo Mariño, por transmitirme esa fuerza y seguridad para seguir adelante y no rendirme, por incrementar esa confianza en mí misma, y sobre todo por esos sacrificios, dignos de recordar, con los cuales me ha brindado lo mejor en la vida. Gracias por esa protección y cariño, por ser mi fiel compañero en esas noches llenas de trabajo.

A mi hermana, Ingrid Zulay Acevedo Rodríguez, por ser la fuente de energía e impulso para enfrentarme a todo y a todos, por ser mi consejera a tiempo completo, y sobre todo por esos momentos de diversión y desesperación que ha compartido conmigo en los buenos y malos momentos. Gracias por ser esa mitad que me hace falta.

A mi compañero, Luis Carlos Becerra, por compartir conmigo este largo viaje, por sus palabras de apoyo, y por esos pequeños momentos que hicieron más divertido este recorrido.

“Nuestras virtudes y nuestros defectos son inseparables, como la fuerza y la materia.

Cuando se separan, el hombre deja de existir”

Nikola Tesla.

Muchas gracias,

Astrid Zuleima Acevedo Rodríguez

Agradecimientos

Expresamos nuestros más efusivos agradecimiento a;

A Dios, por permitirnos llegar al final de esta aventura con los mejores resultados, por brindarnos salud y fuerza en todo el camino que recorrimos, por unir a dos familias en un mismo proyecto, por haber tenido el apoyo y sostén de todos los integrantes del núcleo familiar. No se aflijan por nada, sino presénteselo todo a Dios en oración; pídanle, y denle gracias también.

Filipenses Cap. 4. Vrs. 6

A M.Sc. Juan Camilo Acevedo Páez y M.Sc. Néstor Andrés Urbina Suarez, por brindarnos su confianza y la oportunidad de desarrollar este proyecto, por hacer todo lo necesario en el proceso de desarrollo de esta investigación, por fomentar nuestro espíritu investigativo, y sobre todo por su colaboración, paciencia, y tiempo dedicado.

A Carlos Torres, Walter Pineda, Lady Yesenia Suarez y Martha Arias, nuestros evaluadores por todos los aportes y recomendaciones realizados para el desarrollo de este proyecto.

A la Ing. Yenny Rodríguez, Ing. Mónica Reyes e Ing. Sandra Rodríguez, por su comprensión, apoyo y acompañamiento durante el desarrollo práctico del presente proyecto.

A la Universidad Francisco de Paula Santander, por permitirnos utilizar sus instalaciones para el desarrollo del proyecto.

A los laboratorios de la Universidad Nacional sede Medellín y de la Universidad de Antioquia, por prestar los servicio para determinar del perfil de ácidos grasos de la materia prima y el análisis del contenido de esteres que fueron indispensables para iniciar y culminar el proyecto desarrollado.

A todas las personas que hicieron parte de manera directa o indirecta en este proyecto, por su ayuda, consejos y palabras de ánimo para el desarrollo de este proyecto.

A los que nombramos, y a los que olvidamos. A todos

Infinitas gracias.

Luis Becerra & Astrid Acevedo

Tabla de contenido

Introducción	22
1. El Problema	24
1.1. Título	24
1.2. Planteamiento del problema	24
1.3. Formulación del problema	27
1.4. Justificación	27
1.5. Objetivos	28
1.5.1. Objetivo general.	28
1.5.2. Objetivos específicos.	29
1.6. Alcances y limitaciones	29
1.6.1. Alcances.	29
1.6.2. Limitaciones.	29
1.7. Delimitaciones	30
1.7.1. Espacial.	30
1.7.2. Temporal.	30
2. Marco referencial	31
2.1. Antecedentes	31
2.2. Marco teórico	36
2.2.1. Problemática ambiental del uso de combustibles fósiles.	36
2.2.1.1. El efecto invernadero.	37
2.2.1.2. El cambio climático.	40
2.2.2. Situación actual de los biocombustibles a nivel mundial.	41

2.2.3.	Situación actual de los biocombustibles en Colombia.	45
2.2.3.1.	Producción de Alcohol Carburante.	46
2.2.3.2.	Producción de Biodiesel.	49
2.2.4.	Clasificación de los biocombustibles.	52
2.2.4.1.	Primera generación.	53
2.2.4.2.	Segunda generación.	53
2.2.4.3.	Tercera generación.	53
2.2.4.4.	Cuarta generación.	53
2.2.5.	La producción de biodiesel.	53
2.2.5.1.	Materia prima.	54
2.2.5.1.1.	Aceites vegetales convencionales.	54
2.2.5.1.2.	Aceites vegetales alternativos.	55
2.2.5.1.3.	Aceites de frituras usado.	55
2.2.5.1.4.	Grasas animales.	56
2.2.5.1.5.	Aceite de microalgas.	56
2.2.5.2.	Catalizador.	57
2.2.5.2.1.	Catálisis homogénea básica o alcalina.	57
2.2.5.2.2.	Catálisis homogénea ácida.	59
2.2.5.2.3.	Catálisis heterogénea.	60
2.2.5.2.4.	Catálisis enzimática.	60
2.2.5.3.	Alcohol.	62
2.2.5.4.	Producción de metil esteres.	63
2.2.5.5.	Variables que afectan a la reacción de transesterificación.	64

2.2.5.5.1.	Acidez y Humedad.	64
2.2.5.5.2.	Tipo de catalizador y concentración.	65
2.2.5.5.3.	Relación molar de alcohol / aceite y tipo de alcohol.	66
2.2.5.5.4.	Temperatura de la reacción.	67
2.2.5.5.5.	Solvente.	68
2.2.5.5.6.	Tiempo de reacción.	68
2.2.5.5.7.	Intensidad de mezclado.	69
2.2.5.6.	Purificación de Biodiesel.	69
2.2.5.7.	Purificación de la glicerina.	69
2.3.	Marco conceptual	70
2.4.	Marco contextual	73
2.5.	Marco legal	75
3.	Metodología	79
3.1.	Tipo de investigación	79
3.2.	Población y muestra	79
3.2.1.	Población.	79
3.2.2.	Muestra.	79
3.3.	Hipótesis	79
3.3.1.	Hipótesis nula.	79
3.3.2.	Hipótesis alternativa.	80
3.4.	Variables	80
3.5.	Fases de la investigación	80
3.5.1.	Análisis de disponibilidad y obtención del aceite de fritura.	81

3.5.2.	Pre-tratamiento y caracterización físico-química del aceite fritura.	82
3.5.2.1.	Obtención y adecuación del aceite residual de fritura.	82
3.5.2.2.	Parámetros fisicoquímicos analizados en el aceite residual de fritura.	83
3.5.3.	Determinación de las condiciones de operación para la producción de biodiesel.	88
3.5.3.1.	Determinación del peso molecular del aceite residual de fritura.	90
3.5.3.2.	Balance de masas para transesterificación química.	91
3.5.3.2.1.	Cantidad de alcohol a utilizar.	92
3.5.3.2.2.	Cantidad de catalizador ácido para la esterificación.	93
3.5.3.2.3.	Cantidad de catalizador básico para la transesterificación.	93
3.5.3.2.4.	Cantidad de ácido fosfórico para la neutralización.	93
3.5.3.3.	Balance de masas para transesterificación enzimática.	94
3.5.3.3.1.	Cantidad de catalizador enzimático a utilizar.	94
3.5.3.3.2.	Cantidad de alcohol a utilizar.	95
3.5.3.4.	Montaje experimental a escala laboratorio.	96
3.5.3.5.	Producción de metil ésteres por transesterificación química.	97
3.5.3.5.1.	Esterificación.	98
3.5.3.5.2.	Transesterificación.	98
3.5.3.5.3.	Decantación estática.	99
3.5.3.5.4.	Neutralización.	100
3.5.3.5.5.	Lavado y decantación estática.	101
3.5.3.5.6.	Evaporación.	102
3.5.3.6.	Producción de metil ésteres por transesterificación enzimática.	103
3.5.3.6.1.	Transesterificación enzimática.	104

3.5.3.6.2.	Inhibición de la enzima.	105
3.5.3.6.3.	Decantación estática.	105
3.5.3.6.4.	Lavado y decantación estática.	105
3.5.3.6.5.	Evaporación.	106
3.5.4.	Comparación de las propiedades físicas y químicas del producto obtenido.	106
3.5.4.1.	Parámetros fisicoquímicos analizados en el biodiesel obtenido.	107
3.5.5.	Evaluación del rendimiento y calidad en los procesos de producción del biodiesel.	110
3.5.5.1.	Determinación del contenido de ésteres en el biodiesel.	111
3.5.6.	Análisis y procesamiento de datos.	111
4.	Resultados y análisis	112
4.1.	Disponibilidad y obtención del aceite residual de fritura	112
4.1.1.	Consumo de aceite.	113
4.1.2.	Reutilización de aceite.	114
4.1.3.	Disposición final del aceite de fritura residual.	116
4.2.	Caracterización del aceite residual de fritura	119
4.2.1.	Perfil de ácidos grasos del aceite residual de fritura por cromatografía de gases con detector selectivo de masas.	122
4.3.	Producción de biodiesel a partir de aceite residual de fritura a escala laboratorio	124
4.3.1.	Determinación del peso molecular del aceite residual de fritura.	124
4.3.2.	Producto obtenido por transesterificación química.	125
4.3.3.	Producto obtenido por transesterificación enzimática.	128
4.4.	Caracterización fisicoquímica del biodiesel obtenido	130

4.5.	Evaluación del rendimiento y calidad en los procesos de producción de biodiesel	137
4.5.1.	Análisis del número ácido en el biodiesel obtenido.	138
4.5.2.	Análisis del contenido de ésteres en el biodiesel obtenido.	140
	Conclusiones	148
	Recomendaciones	151
	Referencias	154
	Anexos	164