



RESUMEN TESIS DE GRADO

**AUTOR (ES):**

**NOMBRE (S):** YEYSON NORBERTO \_\_\_\_\_

**NOMBRE (S):** ALFREDO \_\_\_\_\_

**APELLIDOS:** MONTENEGRO VEGA \_\_\_\_\_

**APELLIDOS:** PEÑARANDA FUENTES \_\_\_\_\_

**FACULTAD:** \_\_\_\_\_ CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE \_\_\_\_\_

**PLAN DE ESTUDIOS:** \_\_\_\_\_ INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL \_\_\_\_\_

**DIRECTOR:**

**NOMBRE (S):** YESENIA \_\_\_\_\_

**APELLIDOS:** CAMPO VERA \_\_\_\_\_

**TITULO DE LA TESIS:** OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE MADERA UTILIZANDO SISTEMA BIOLÓGICO (*Aspergillus niger* - *Saccharomyces cerevisiae*) CON PRETRATAMIENTO CON ULTRASONIDO

**RESUMEN:**

Los residuos de la madera son un subproducto muy poco usado en la industria, por lo cual este es desechado generando problemas ambientales en los lugares donde se hace su disposición final. El propósito del proyecto es obtener etanol a partir de estos residuos usando sistemas biológicos semicontinuo (*Aspergillus niger* – *Saccharomyces cerevisiae*), el proceso pasa por dos etapas: una que degrada los compuestos polisacáridos (hidrolisis) y la otra que fermenta dichos azúcares producto de la anterior etapa para poder obtener el etanol. La investigación está enmarcada en un estudio cuasi-experimental ya que se evaluó el pretratamiento con ultrasonido siendo este el que presentó mayor cantidad de azúcares reducidos después de la etapa de hidrolisis, en comparación con los que no se le aplicó esta tecnología. Gracias al fenómeno de cavitación que produce dicho pretratamiento permite que los enlaces de los sacáridos se rompan con mayor rapidez y así haya mayor eficiencia en el proceso evidenciándose la producción de glucosa la cual fue usada para realizarse la fermentación donde se obtuvo etanol al 16.4% Vol., finalmente se demostró que dicho sistema biológico permite degradar material lignocelulósico y producir etanol a partir de aserrín de Cañahuate (*Tecoma spectabilis*).

Palabras clave: Residuos de la madera, etanol, ultrasonido, sistemas biológicos semicontinuo (*Aspergillus niger* – *Saccharomyces cerevisiae*).

**CARACTERÍSTICAS:**

**PAGINAS:** 141      **PLANOS:** \_\_\_\_\_ **ILUSTRACIONES:** \_\_\_\_\_ **CD-ROM:** 1 \_\_\_\_\_

OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE MADERA UTILIZANDO  
SISTEMA BIOLÓGICO (*Aspergillus niger* - *Saccharomyces cerevisiae*) CON  
PRETRATAMIENTO CON ULTRASONIDO

YEYSON NORBERTO MONTENEGRO VEGA

ALFREDO PEÑARANDA FUENTES

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015

OBTENCIÓN DE ETANOL A PARTIR DE RESIDUOS DE MADERA UTILIZANDO  
SISTEMA BIOLÓGICO (*Aspergillus niger* - *Saccharomyces cerevisiae*) CON  
PRETRATAMIENTO CON ULTRASONIDO

YEYSON NORBERTO MONTENEGRO VEGA

ALFREDO PEÑARANDA FUENTES

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

Directora:

YESENIA CAMPO VERA

Msc. Ciencia y Tecnología de los Alimentos

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2015



ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 30 DE JUNIO DEL 2015

HORA: 4.00 A 6:00 PM

SALA: SALA DE JUNTAS FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIA Y DEL AMBIENTE

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TITULO DE LA TESIS: OBTENCION DE ETANOL A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE LA MADERA UTILIZANDO UN SISTEMA BIOLOGICO (Aspergillus niger - Saccharomyces cerevisiae) CON PRETRATAMIENTO CON ULTRASONIDO.

MODALIDAD: INVESTIGACIÓN

JURADOS: MSc. DORA CLEMENCIA VILLADA CASTILLO  
Esp. GLADYS YAZMIN CORREDOR GONZALEZ  
Esp., ALBERTO SARMIENTO CASTRO

DIRECTOR: MSc. YESENIA CAMPO VERA

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	CODIGO	CALIFICACION
YEYSON NORBERTO MONTENEGRO VEGA	1640618	4.5
ALFREDO PEÑARANDA FUENTES	1640553	4.5

OBSERVACIONES: MERITORIA

FIRMA DE JURADOS

VoBo Coordinador Comité Curricular

## **Dedicatoria**

A Dios por brindarme inteligencia y medios para poder aprovecharla; a mis padres y hermanos Lilia Vega Zorro, Norberto Montenegro, Jaferson Montenegro Vega y Samuel Mendoza Vega, que durante todos estos años me dieron su apoyo moral y económico para hacer posible esta oportunidad, y también agradecer a toda mi familia que han sido el apoyo que nunca ha faltado, porque la base de esta unión es el amor que nos tenemos.

*“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber. - Albert Einstein”*

Yeyson Norberto Montenegro Vega

## **Dedicatoria**

Ante todo a Dios por la sabiduría y todas las bendiciones otorgadas; a la memoria de mi padre Luis Hector Peñaranda Peñaranda por el gran esfuerzo y compromiso que tuvo con nuestra educación; nunca te fuiste de nuestra vidas siempre has estado ahí, a mi madre Leonor Fuentes Ibarra por ser el gran orgullo de mi vida, a mis hermanos Davico, Cecilia, Jorge, Ezequiel, Tulio y Ana que me apoyaron siempre y nunca dejaron de creer en mí. A ellos mil gracias.

*“El objetivo principal de la educación en las escuelas debe ser la creación de hombres y mujeres capaces de hacer cosas nuevas, no simplemente repetir lo que otras generaciones han hecho, hombres y mujeres creativos, inventivos y descubridores, que pueden ser críticos y verificar y no aceptar todo lo que se ofrece. -Jean Piaget.”*

Alfredo Peñaranda Fuentes

## **Agradecimientos**

Los autores expresan SUS agradecimientos a:

Universidad Francisco de Paula Santander (UFPS) y al departamento de ciencias agrarias y del ambiente por el apoyo recibido.

Msc. Yesenia Campo Vera directora de nuestra investigación porque ella con su apoyo, constancia, dedicación y confianza estuvo para nosotros siempre. Excelente líder, madre y mujer.

La ingeniera Yaneth A. Muñoz Peñaloza co directora de esta investigación que dispuso su laboratorio de la mejor manera para la ejecución de nuestro proyecto.

Marta Acevedo por el acompañamiento constante en este proceso, por brindarnos su amistad y cariño, y por su puesto por sus consejos.

Los Laboratoristas Marcos, Mónica, Sandra, Margarita, Mayela, Luis, Karina, y Alba de las diferentes unidades de los laboratorios de Ciencias Agrarias y del Ambiente sede Los Patios por el apoyo prestada durante el desarrollo de la investigación.

Msc. Dora Clemencia Villada, Ing. Gladys Yazmin Corredor y Esp. Alberto Sarmiento por ser los guías que nos orientaron para conseguir este logro.

A todos nuestros amigos y compañeros de estudio Belkis Santos, Angela Moreno, Julián Valero, Enrique Morales, Jose Meneses, Néstor Vera y Andrey Mantilla, y a todos aquellos que de alguna forma contribuyeron en nuestra formación, a todos ellos los mejores deseos y el más grande éxito.

## Resumen

Los residuos de la madera son un subproducto muy poco usado en la industria, por lo cual este es desechado generando problemas ambientales en los lugares donde se hace su disposición final. El propósito del proyecto es obtener etanol a partir de estos residuos usando sistemas biológicos semicontinuo (*Aspergillus niger* – *Saccharomyces cerevisiae*), el proceso pasa por dos etapas: una que degrada los compuestos polisacáridos (hidrolisis) y la otra que fermenta dichos azúcares producto de la anterior etapa para poder obtener el etanol. La investigación está enmarcada en un estudio cuasi-experimental ya que se evaluó el pretratamiento con ultrasonido siendo este el que presentó mayor cantidad de azúcares reducidos después de la etapa de hidrolisis, en comparación con los que no se le aplicó esta tecnología. Gracias al fenómeno de cavitación que produce dicho pretratamiento permite que los enlaces de los sacáridos se rompan con mayor rapidez y así haya mayor eficiencia en el proceso evidenciándose la producción de glucosa la cual fue usada para realizarse la fermentación donde se obtuvo etanol al 16.4% Vol., finalmente se demostró que dicho sistema biológico permite degradar material lignocelulósico y producir etanol a partir de aserrín de Cañahuate (*Tecoma spectabilis*).



## Abstract

The wood waste is a byproduct little used in industry, so this is discarded creating environmental problems in places where their disposal is made. The purpose is to obtain ethanol from the waste using (*Aspergillus niger* - *Saccharomyces cerevisiae*) semi biological systems, the process goes through two stages: one that degrades the polysaccharide compounds (hydrolysis) and the other fermented sugars such product previous step to obtain ethanol. The research is framed in a quasi-experimental study and that pretreatment was assessed with ultrasound being the I present as much reduced after the hydrolysis step compared with that is I do not apply this technology sugars. Thanks to cavitation producing said pretreatment allows links saccharide break more quickly and thus be more efficient in the process demonstrating the production of glucose which was used for fermentation where ethanol was obtained at 16.4% Vol performed, finally it demonstrated that the biological system can degrade lignocellulosic material and produce ethanol starting sawdust Cañahuate (*Tecoma spectabilis*).

## Contenido

	<b>pág.</b>
Introducción	18
1. Problema	20
1.1 Título	20
1.2 Planteamiento del Problema	20
1.3 Formulación del Problema	22
1.4 Objetivos	22
1.4.1 Objetivo general	22
1.4.2 Objetivo específico	22
1.5 Justificación	22
2. Marco Referencial	25
2.1 Antecedentes	25
2.2 Marco Teórico	34
2.2.1 Etanol	34
2.2.2 Etanol como combustible (alcohol carburante)	34
2.2.3 El etanol como combustible limpio	34
2.2.4 Etanol y medio ambiente	35
2.2.5 Producción de etanol como combustible	36
2.2.6 Fermentación alcohólica	36
2.2.6.1 Condiciones a medir y controlar en el proceso de fermentación	38
2.2.6.2 Limitantes de la fermentación	40
2.2.6.3 Materias primas	41

2.2.7 Etanol a partir de aserrín	43
2.2.7.1 Obtención de la lignocelulosa	43
2.2.7.2 Degradación de la celulosa	46
2.2.7.3 Obtención de etanol a partir de celulosa con levaduras	53
2.2.7.4 Bioquímica de la fermentación alcohólica	56
2.2.8 Microorganismos	59
2.2.8.1 Levaduras	59
2.2.8.2 <i>Aspergillus niger</i> van Tieghem	66
2.2.8.3 Clasificación taxonómica de <i>Saccharomyces cerevisia</i>	69
2.2.8.4 Aplicaciones industriales	70
2.2.9 Ultrasonido	71
2.2.9.1 Clasificación del ultrasonido	72
2.2.9.2 Mecanismos y efectos	72
2.2.9.3 Fundamento y definiciones	75
2.2.9.4 Efectos del ultrasonido	81
2.2.9.5 Campos de aplicación del ultrasonido	81
2.3 Marco Normativo	83
2.4 Hipótesis	85
2.5 Variables	85
2.5.1 Dependientes.	85
2.5.2 Independientes	85
3. Diseño metodológico	86
3.1 Tipo de investigación	86

3.2 Universo y Muestra	86
3.2.1 Universo	86
3.2.2 Muestra	86
3.3 Instrumentos y Herramientas para la Recolección de Información	87
3.4 Tabulaciones y Análisis	89
3.4.1 Adquisición de la materia prima e insumos.	89
3.4.2 Muestreo y caracterización de la materia prima	90
3.4.2.1 Determinación de humedad	91
3.4.2.2 Extracción en acetona	91
3.4.2.3 Extracción en agua caliente	92
3.4.2.4 Determinación de cenizas	94
3.4.2.5 Determinación de la Lignina Klason	94
3.4.3 Determinación de celulosa por el método de Kurschner y Hoffer	96
3.4.4 Pre-tratamiento con ultrasonido	97
3.4.5 Obtención y cultivo del <i>Aspergillus Níger</i>	98
3.4.6 Obtención y cultivo de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	98
3.4.7 Preparación del aserrín para el cultivo con <i>Aspergillus Níger</i>	99
3.4.8 Determinación del crecimiento de <i>Aspergillus Níger</i>	101
3.4.9 Purificación y esterilizado de los hidrolizados	101
3.4.10 Montaje del bioreactor para fermentación	102
3.4.11 Determinación de glucosa utilizándose el método DNS	103
3.4.12 Control de temperatura, pH y agitación del bioreactor	104
3.4.13 Reducción de glucosa a etanol	104

3.4.14 Destilación	104
3.4.15 Determinación cuantitativa y cualitativa de la concentración de Etanol	105
4. Resultados y Discusiones	107
4.1 Obtención de Etanol por Método Biológico	107
4.1.1 Muestreo y caracterización de la materia prima	107
4.1.2 Pretratamiento con ultrasonido	112
4.1.3 Obtención y cultivo del <i>Aspergillus Níger</i>	112
4.1.4 Obtención y cultivo de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	114
4.1.5 Determinación del crecimiento de <i>Aspergillus Níger</i>	115
4.1.6 Proceso de hidrólisis	117
4.1.7 Proceso de fermentación	118
4.1.8 Reducción de glucosa a etanol	119
4.1.9 Destilación	121
4.1.10 Determinación cuantitativa y cualitativa de la concentración de Etanol	121
5. Conclusiones	124
6. Recomendaciones	126
Referencias Bibliográficas	127
Anexos	136