



**Estudio del proceso de extracción de pulpa celulósica a partir de diferentes categorías de calidades de abacá considerando las variedades (*Musa textilis* Née, variedades: *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) para la industrialización de papel blanco.**

Alman Narváez, Arlette Florinda y Herrera Zambrano, Rebeca Estefanía

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ph.D Sánchez Llaguno, Sungey Naynee

03 de septiembre de 2021



## Document Information

---

Analyzed document	TESIS_ALMAN, A_HERRERA,R,2.docx (D111948914)
Submitted	9/2/2021 1:32:00 AM
Submitted by	Juan Alejandro Neira Mosquera
Submitter email	neiramosquera@uteq.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	neiramosquera.uteq@analysis.orkund.com

**Santo Domingo, 03 de septiembre de 2021**

Firma:



Firmado electrónicamente por:  
**SUNGEY NAYNEE  
SANCHEZ LLAGUNO**

.....  
Ph.D Sungey Naynee Sánchez Llaguno  
**Directora del Proyecto de Investigación**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA CARRERA  
DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, **“Estudio del proceso de extracción de pulpa celulósica a partir de diferentes categorías de calidades de abacá considerando las variedades (*Musa textilis* Née, variedades: *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) para la industrialización de papel blanco”** fue realizado por las señoritas **Alman Narváez Arlette Florinda y Herrera Zambrano Rebeca Estefanía**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

**Santo Domingo, 03 de septiembre de 2021**

Firma:



.....  
**Ph.D Sungey Naynee Sánchez Llaguno**

C.C.: 1205348673



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotras, **Alman Narváez Arlette Florinda y Herrera Zambrano Rebeca Estefanía**, con cédulas de ciudadanía n°0803586544 y 2300414022 respectivamente, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Estudio del proceso de extracción de pulpa celulósica a partir de diferentes categorías de calidades de abacá considerando las variedades (*Musa textilis* Née, variedades: *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) para la industrialización de papel blanco”**, es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Santo Domingo, 03 de septiembre de 2021**

Firmas:

.....

**Alman Narváez Arlette Florinda**

C.C.: 0803586544

.....

**Herrera Zambrano Rebeca Estefanía**

C.C.: 2300414022



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotras **Alman Narváez Arlette Florinda** y **Herrera Zambrano Rebeca Estefanía**, con cédulas de ciudadanía n° 0803586544 y 2300414022 respectivamente, **autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE** publicar el trabajo de titulación: **“Estudio del proceso de extracción de pulpa celulósica a partir de diferentes categorías de calidades de abacá considerando las variedades (*Musa textilis* Née, variedades: *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) para la industrialización de papel blanco”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

**Santo Domingo, 03 de septiembre de 2021**

Firmas:



.....

**Alman Narváez Arlette Florinda**

C.C.: 0803586544



.....

**Herrera Zambrano Rebeca Estefanía**

C.C.: 2300414022

## DEDICATORIA

Primordialmente sin la ayuda de Dios, hay cosas que no se pueden lograr, por ello, le dedico este trabajo a él, por permitirme llegar hasta este punto de mi formación como persona y profesional.

A mi familia que es mi motor y guía, la base de mis sueños, sobre todo a mis padres Segundo y Mercy, por su esfuerzo y sacrificio para que yo pueda cumplir mis sueños.

A mi hermano mayor Bryan, por permanecer conmigo en las buenas y malas y ser mi modelo a seguir como persona.

A mi abuelita Elsa, por enseñarme el valor de la vida y el esfuerzo, a mis tíos Jaime, Washington y tías Jessica, Viviana por siempre aconsejarme en este largo camino.

A mis amigos Antony, Johanna Lizbeth quienes llenaron mis días universitarios de risa y complicidad.

Gracias a todos quienes conocí, conozco y han formado parte de mi vida, BTS x ARMY, los adoro infinitamente.

Arlette A.

En primer lugar, este trabajo se lo dedico a Dios, porque gracias a él, he podido llegar hasta este momento tan importante dentro de mi formación profesional y como persona.

A toda mi familia, principalmente a mis padres, Juan y Mariana quienes han trabajado muy duro para darnos lo mejor a mis hermanos y a mí, enseñarnos a ser personas de bien, por su amor y sacrificio para que pueda lograr mis metas.

A mis hermanas, Ivonne, Jessica, Karen, Evelyn y a mi hermano David por ayudarme siempre que se los pedí, por estar en mi entorno alegrando mis días, verlos crecer ha sido de los mejores regalos de la vida.

A mis abuelitos, tíos(as) y primos(as), quienes siempre han estado para nosotros, por sus consejos, cariño y amistad.

A mis amigos Antony, Johanna y Lizbeth, ustedes que fueron y será el mejor de mis recuerdos.

A todos quienes han estado para mí, y forman parte de mi crecimiento como persona familia y amigos, gracias los amo.

Rebeca H.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme vida, salud y sabiduría, mantener a mi familia conmigo y entregarme la dicha de llegar hasta este punto de mi formación profesional.

A mi tutora especialmente la Dra. Sungey Sánchez y al Dr. Juan Neira, por construir en mí el deseo de seguir adelante, brindarme apoyo, paciencia y compromiso en todo momento.

A todos los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, especialmente al Dr. Anzules, Ing. Vaca y Dr. Gelacio, por sus enseñanzas, calidad profesional y brindarme sus conocimientos a lo largo de mis años de estudiante.

A la ingeniera Gissela, por ayudarnos en el desarrollo de nuestro trabajo de investigación, siempre aconsejándonos en función a sus experiencias.

Al Fsc. Ponce, por colaborarnos en el desarrollo de nuestra tesis, por sus enseñanzas, tiempo y paciencia

A la ingeniera Nathaly, por ayudarnos y apoyarnos a lo largo de este trabajo de investigación.

A Ivonne, por brindarnos su apoyo incondicional durante el desarrollo del trabajo de investigación. No me cabe en el pecho lo inmensamente agradecida que estoy con todos.

Arlette A.



Le agradezco a Dios, por permitirme llegar hasta aquí en mi vida académica, por mantener a mi familia conmigo, brindarme apoyo, fuerza y sabiduría.

A mi directora de tesis, la Dra. Sungey Sánchez y al Dr. Juan Neira, quien me ha brindado su apoyo incondicional, consejo, conocimiento a lo largo del proyecto de investigación.

A todos los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, especialmente al Dr. Anzules, Ing. Vaca y Dr. Gelacio, por sus enseñanzas, calidad profesional y brindarme sus conocimientos a lo largo de mis años de estudiante.

A la ingeniera Gissela, por ayudarnos incondicionalmente en el desarrollo de nuestro trabajo de investigación, compartiendo con nosotras su experiencia.

Al Fsc. Ponce, por colaborarnos en el desarrollo de nuestra tesis, por sus enseñanzas, tiempo y paciencia

A la ingeniera Nathaly, por ayudarnos y apoyarnos a lo largo de este trabajo de investigación.

A mi hermana Ivonne, por brindarnos su apoyo incondicional durante el desarrollo del trabajo de investigación.

Todos quienes han estado para mí durante esta etapa de mi vida, se los agradezco de corazón.

Rebeca H.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula .....	1
Análisis Urkund .....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de autoría .....	3
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	8
Resumen .....	19
Abstract .....	20
Capítulo I .....	21
Introducción .....	21
Objetivo General .....	22
Objetivos específicos .....	23
Hipótesis .....	23
<i>Hipótesis factor A (Variedades de abacá)</i> .....	23
<i>Hipótesis factor B (Categorías)</i> .....	23
<i>Hipótesis factor C (Dosis de NaOH)</i> .....	24
Capítulo II .....	25
Revisión de la literatura .....	25
El abacá .....	25
<i>Taxonomía del abacá</i> .....	26
<i>Morfología del abacá</i> .....	26
<i>Manejo del cultivo de abacá</i> .....	28
<i>Tipos de variedades de abacá en el Ecuador</i> .....	28
<i>Proceso de obtención de fibra de abacá</i> .....	29

	11
<i>Labores culturales del abacá</i> .....	30
<i>Productividad</i> .....	31
<i>Aplicaciones que se da a la fibra de abacá</i> .....	32
<i>Exportaciones del abacá y empresas del Ecuador</i> .....	33
Celulosa .....	34
<i>Extracción de celulosa</i> .....	34
<i>Procesos de obtención de celulosa</i> .....	35
<i>Procedimiento para la obtención de celulosa blanqueada</i> .....	37
<i>Propiedades de la hoja de papel blanco</i> .....	37
Capítulo III .....	39
Metodología .....	39
Ubicación del área de investigación .....	39
<i>Ubicación Política</i> .....	39
<i>Ubicación Geográfica</i> .....	39
<i>Ubicación Ecológica</i> .....	39
Ubicación del área de extracción de la materia prima.....	40
<i>Ubicación política</i> .....	40
<i>Ubicación geográfica</i> .....	40
<i>Ubicación ecológica</i> .....	41
Materiales.....	42
<i>Materiales empleados para la elaboración del papel blanco</i> .....	42
<i>Recursos utilizados para conocer la resistencia al rasgado</i> .....	43
<i>Recursos empleados para determinar la cantidad de ceniza</i> .....	43
<i>Recursos empleados para determinar la humedad del papel blanco</i> .....	44
<i>Recurso utilizado para determinar el espesor del papel</i> .....	44
<i>Recursos empleados para determinar la fibra contenida</i> .....	45
<i>Recursos empleados para determinar el pH del papel blanco</i> .....	45

Métodos .....	45
<i>Obtención de fibra de abacá (Musa textilis Néé, variedades: Tangongón, Bungalanón y Manguindanao) .....</i>	45
<i>Extracción de la muestra o materia prima para la elaboración del papel blanco.....</i>	46
<i>Elaboración de papel blanco a partir de la fibra de abacá.....</i>	47
Diseño experimental.....	50
<i>Factores empleados en el experimento .....</i>	50
<i>Tratamientos a comparar para obtención de pulpa celulósica.....</i>	50
<i>Tipo de diseño experimental.....</i>	51
<i>Repeticiones.....</i>	51
Análisis estadístico.....	52
<i>Esquema del análisis de varianza.....</i>	52
Análisis funcional.....	52
Variables a evaluar dentro del estudio.....	52
<i>Determinación del espesor (mm) del papel.....</i>	52
<i>Determinación del gramaje (gr/m<sup>2</sup>) del papel .....</i>	53
<i>Determinación de la densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) del papel .....</i>	53
<i>Determinación del rendimiento (%) por balance de materias .....</i>	53
<i>Determinación de las cenizas (%) obtenidas del papel .....</i>	54
<i>Determinación del pH del papel .....</i>	55
<i>Determinación de la humedad (%) del papel.....</i>	55
<i>Determinación de fibra (%) del papel .....</i>	56
<i>Determinación del color del papel.....</i>	57
<i>Determinación de la rugosidad del papel .....</i>	58
<i>Determinación de la resistencia al rasgado (N).....</i>	59
Capítulo V .....	60

Resultados.....	60
Análisis de varianza .....	60
<i>Análisis de varianza para las variables físicas del papel de abacá.....</i>	<i>60</i>
<i>Análisis de varianza para las variables químicas del papel de abacá.....</i>	<i>65</i>
<i>Análisis de varianza para las variables ópticas del papel de abacá. ....</i>	<i>69</i>
Resultados del análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) .....	71
<i>Resultados del Análisis Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las variedades (factor A).....</i>	<i>71</i>
<i>Resultados del análisis Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las categorías (factor B) .....</i>	<i>72</i>
<i>Resultados del Análisis Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las dosis de NaOH (factor C) ...</i>	<i>75</i>
<i>Resultados de la interacción B*C (Categorías*Dosis de NaOH). ....</i>	<i>77</i>
<i>Resultados de la interacción A*C (Variedades de abacá*Dosis de NaOH) .</i>	<i>80</i>
<i>Resultados de la interacción A*B (Variedades de abacá*Categorías).....</i>	<i>83</i>
<i>Resultados de la interacción A*B*C (Variedades de abacá*Categorías*Dosis de NaOH) del Análisis Tukey (<math>p &lt; 0,05</math>) de las variables. ....</i>	<i>87</i>
<i>Interacciones significativas (A*B*C) del proceso de extracción de celulosa de abacá para las variables físicas. ....</i>	<i>89</i>
<i>Interacciones significativas (A*B*C) del proceso de extracción de celulosa de abacá para las variables ópticas.....</i>	<i>91</i>
Capítulo VI.....	93
Discusión .....	93
Variedades de abacá (Factor A).....	93
Categorías (Factor B) .....	94
Dosis de NaOH (Factor C) .....	97
Interacción Variedades de abacá*Categorías (A*B) .....	99
Interacción entre Variedades de abacá*Dosis de NaOH (A*C).....	102
Interacción Categorías*Dosis de NaOH (B*C).....	104
Interacción Variedades de abacá*Categorías*Dosis de NaOH (A*B*C) .....	105

Capítulo VII .....	108
Conclusiones .....	108
Factor A (Variedades de abacá) .....	108
Factor B (Categorías) .....	108
Factor C (Dosis de NaOH) .....	109
Interacción A*B*C (Variedades de abacá*Categorías*Dosis de NaOH) .....	109
Recomendaciones .....	111
Capítulo VII .....	112
Bibliografía .....	112

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Taxonomía de la planta de abacá. ....	26
<b>Tabla 2.</b> Morfología de la planta de abacá. ....	26
<b>Tabla 3</b> Características físicas, químicas y ópticas del papel.....	38
<b>Tabla 4</b> Elementos esenciales para llevar a cabo la extracción de papel blanco a partir de fibra de abacá. ....	42
<b>Tabla 5</b> Elemento empleado para determinar la resistencia al rasgado del papel blanco a partir de fibra de abacá. ....	43
<b>Tabla 6</b> Elemento empleado para determinar la cantidad de ceniza del papel blanco a partir de fibra de abacá. ....	43
<b>Tabla 7</b> Elemento empleado para determinar la humedad del papel blanco a partir de fibra de abacá. ....	44
<b>Tabla 8</b> Elemento empleado para determinar el espesor del papel blanco a partir de fibra de abacá. ....	44
<b>Tabla 9</b> Elemento empleado para determinar la fibra del papel blanco a partir de fibra de abacá. ....	45
<b>Tabla 10</b> Elemento empleado para determinar el pH del papel blanco a partir de fibra de abacá. ....	45
<b>Tabla 11</b> Factores y noveles propuestos para el estudio de la extracción de pulpa celulósica a partir de fibras de abacá.....	50
<b>Tabla 12</b> Tratamientos a comparar dentro del estudio para la obtención de pulpa celulósica a partir de la fibra de abacá.....	50
<b>Tabla 13</b> Esquema del análisis de varianza del estudio para la obtención de pulpa celulósica a partir de la fibra de abacá.....	52
<b>Tabla 14</b> Escala colorimétrica para determinar la variable color, se la utilizó en este caso para conocer la rugosidad del papel hecho a partir de la fibra de abacá. ....	58
<b>Tabla 15</b> Escala de textura para determinar la rugosidad del papel utilizada en este caso para conocer la rugosidad del papel hecho a partir de la fibra de abacá. ....	59
<b>Tabla 16</b> Análisis de varianza para la variable espesor (mm) del papel obtenido de fibra de abacá. ....	60

<b>Tabla 17</b> Análisis de varianza para la variable gramaje ( $\text{gr/m}^2$ ) del papel elaborado con fibra de abacá.....	61
<b>Tabla 18</b> Análisis de varianza para la variable densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) del papel elaborado con fibra de abacá. ....	62
<b>Tabla 19</b> Análisis de varianza para la variable rendimiento (%) obtenido con el papel elaborado de fibra de abacá.....	63
<b>Tabla 20</b> Análisis de varianza para la variable resistencia al rasgado (N) del papel obtenido de fibra de abacá. ....	64
<b>Tabla 21</b> Análisis de varianza para la variable cenizas (%) obtenidas del papel elaborado con fibra de abacá.....	65
<b>Tabla 22</b> Análisis de varianza para la variable pH del papel elaborado con fibra de abacá. ....	66
<b>Tabla 23</b> Análisis de varianza para la variable humedad (%) del papel elaborado con fibra de abacá.....	67
<b>Tabla 24</b> Análisis de varianza para la variable fibra (%) del papel elaborado con fibra de abacá. ....	68
<b>Tabla 25</b> Análisis de varianza para la variable color del papel elaborado con fibra de abacá. ....	69
<b>Tabla 26</b> Análisis de varianza para la variable rugosidad del papel elaborado a partir de fibra de abacá. ....	70
<b>Tabla 27</b> Resultados del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) del estudio variedades de abacá (factor A). ....	71
<b>Tabla 28</b> Resultados del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) del estudio categorías (factor B). ....	72
<b>Tabla 29</b> Resultados del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las dosis de NaOH (factor C).....	75
<b>Tabla 30</b> Resultados de la interacción B*C (Categorías*Dosis de NaOH) del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variables. ....	77
<b>Tabla 31</b> Resultados de la interacción A*C (Variedades de abacá*Dosis de NaOH) del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variables.....	80
<b>Tabla 32</b> Resultados de la interacción A*B (Variedades de abacá*Categorías) del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variables. ....	83
<b>Tabla 33</b> Resultados de la interacción A*B*D del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variables físicas. ....	87



<b>Tabla 34</b> Resultados de la interacción A*B*C del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variables ópticas. ....	90
---	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Mapa de ubicación geográfica del sitio donde se llevó a cabo la extracción de la materia prima y donde se realizó la evaluación de la misma para la investigación. ....	41
<b>Figura 2</b> Flujograma de la elaboración del papel (T18 R3). ....	49
<b>Figura 3</b> Efecto del estudio de tres variedades de abacá (factor A), sobre las variables humedad (%) y fibra (%). ....	71
<b>Figura 4</b> Efecto del estudio de tres categorías de abacá (factor B), sobre las variables espesor (mm), rugosidad, color, humedad, resistencia. ....	73
<b>Figura 5</b> Efecto del estudio de dos dosis de NaOH (factor C), sobre las variables espesor (mm), pH, rendimiento y rugosidad.....	75
<b>Figura 6</b> Interacción (B*C) (Categorías*Dosis de NaOH) para las variables. ....	78
<b>Figura 7</b> Interacción (A*C) (Variedades de abacá*Dosis de NaOH) para las variables. ....	81
<b>Figura 8</b> Interacción (A*B) (Variedades de abacá*Categorías) para las variables. ....	85
<b>Figura 9</b> Interacción (A*B*C) para las variables físicas.....	89
<b>Figura 10</b> Interacción (A*B*C) para las variables ópticas. ....	91

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en estudiar el proceso de extracción de pulpa celulósica a partir de diferentes categorías de calidad de abacá considerando las variedades (*Musa textilis* Née, variedades: *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) como materia prima para la industria del papel blanco mediante el método químico. Tradicionalmente los productores establecen las variedades más conocidas para ellos *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*, en las cuales manejan sus categorías de calidad que va desde el 2 hasta el 5, siendo la calidad 3 y 4 las más solicitadas. El diseño experimental empleado, fue un diseño D. B. C. A factorial (A x B x C) con 18 tratamiento y 3 repeticiones, es decir un total de 54 unidades experimentales, las hojas de papel de fibra de abacá, desarrolladas en un formato A4 a partir de 100 g de fibra. Las variables a evaluar fueron el espesor, gramaje, rendimiento, resistencia al rasgado, densidad aparente, ceniza, pH, humedad, fibra, color y textura del papel. Los mejores resultados los tuvieron T10 (*Bungalanón*\*Categoría 2\* 0,5 M) por su alto rendimiento con 84,72 %, para color la mejor fue T14 (*Manguindanao*\*Categoría 4\*0,5 M) que se aproximó más al color beige y para rugosidad el T8 (*Manguindanao*+ Categoría 5\*0,3 M) fue el que mejor se aproxima a una textura ligeramente lisa. A pesar de ello la naturaleza de la fibra de abacá y el mismo proceso de elaboración en este caso, no le da lo requerido para ser considerado papel y lo asemeja más al cartón.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **ABACÁ**
- **PAPEL DE ABACÁ**
- **CATEGORÍAS**

## ABSTRACT

The present research consists of studying the cellulosic pulp extraction process from different quality categories of abacá considering the varieties (*Mus textilis* Née, varieties: *Tangongón*, *Bungalanón* and *Manguindanao*) as raw material for the white paper industry by means of chemical method. Traditionally, the producers offered the varieties best known to them *Tangongón*, *Bungalanón* and *Manguindanao*, in which they manage their quality categories ranging from 2 to 5, with quality 3 and 4 being the most requested. The experimental design used was a trifactorial DBC A design (A x B x C) with 18 treatments and 3 repetitions, that is, a total of 54 experimental units, the abaca fiber paper sheets, developed in an A4 format from of 100 g of fiber. The variables to be evaluated were the thickness, grammage, yield, resistance to tearing, apparent density, ash, pH, humidity, fiber, color and texture of the paper. The best results were obtained by T10 (*Bungalanón* \* Category 2 \* 0,5 M) for its high yield with 84,72%, for color the best was T14 (*Manguindanao* \* Category 4 \* 0,5 M) which was closer to color beige and for roughness the T8 (*Manguindanao* + Category 5 \* 0,3 M) was the one that best approximates a slightly smooth texture. Despite this, the nature of the abaca fiber and the same manufacturing process in this case, does not give it what is required to be considered paper and makes it more like cardboard.

### KEYWORDS:

- **ABACÁ**
- **PAPER OF ABACÁ**
- **CATEGORIES**

## CAPÍTULO I

### Introducción

Ecuador es uno de los principales productores y exportadores de abacá, ocupando el segundo lugar a nivel mundial con un total de 14 831 hectáreas del cultivo establecidas en nuestro país y producciones de 1 000 a 1 500 kg / Ha. El cantón La Concordia, perteneciente a Santo Domingo de los Tsáchilas, por sus características edafoclimáticas, posee suelos aptos para este cultivo y es reconocido por ser el 39 % de la producción a nivel Nacional (Alvarez & Guevara, 2020).

Por años esta materia prima de origen filipino, se caracteriza por su resistencia, ha sido utilizada para la elaboración de redes de pesca, textiles, industria de papel, etc. en países industrializados como Filipinas, España, Japón, Reino Unido e Indonesia, siendo estos el mercado receptor o destino de las mayores exportaciones de abacá en fibra natural por parte de nuestro país (Campuzano & Cedeño, 2018).

El papel y cartón a nivel mundial es indispensable para gran parte de los sectores económicos y sociales, Ecuador, en cuanto a la industria de papel, se ha centrado en fabricar de forma tradicional el mismo, importar celulosa y en menor proporción de producto terminado ya que carece de industrialización en el sector papelerero, siendo productor y proveedor de materia prima a países industrializados (Ontaneda, 2020).

Según lo mencionado por Ojeda et al (2014) *“para crear el papel, generalmente se utiliza la celulosa que se obtiene en su mayoría de la madera, esta actividad genera daños a los ecosistemas y el medio ambiente por la tala de bosques para este fin, es*

por ello que se busca un medio más ecológico para sustituir la madera y así no generar daños al medio ambiente” (pp. 14).

A medida que aumenta la demanda de materia prima para la realización de papel, nos vemos obligados a la explotación del sector maderero del país, y en la actualidad se imponen reglamentos para controlar la explotación maderera y existen métodos con el fin de recuperar bosques, pero ante esta problemática no dan mayor solución, es por ello que se propone opciones sustentables de extracción de celulosa, como el abacá que mayormente es exportada (Ontaneda, 2020).

El abacá es una de los pocos cultivos no madereros que al procesarse puede adquirirse pulpa celulosa; gracias a sus características ecológicas y su resistencia a plagas o enfermedades es considerada una buena opción para los productores de la zona, sin embargo, el desconocimiento acerca del cultivo ha sido el mayor impedimento. Está compuesto de un 77% de celulosa caracterizados por su resistencia, longitud de fibra y el brillo que la conforma (Alvarez & Guevara, 2020).

Las distintas variedades y calidades poseen características que las hacen distintas entre ellas, ya sean químicas o físicas, y es por ello que la finalidad de esta investigación es analizar el potencial de las categorías de calidad de abacá 2,4 y 5 considerando las variedades (*Musa textilis* Née, variedades: *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) como materia prima para la industrialización de papel blanco. Es por ello que se trazan los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Estudiar el proceso de extracción de pulpa celulósica a partir de diferentes categorías de calidad de abacá considerando las variedades (*Musa textilis* Née,

variedades: *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) como materia prima para la industrialización de papel blanco.

### **Objetivos específicos**

Evaluar el rendimiento de pulpa celulósica obtenida de tres variedades de fibra de abacá y de cada una de sus categorías para la elaboración de papel blanco.

Determinar el efecto de dos concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH) sobre la calidad de cada una de las variedades.

Comparar las categorías (2, 4 y 5) por cada variedad de fibra de abacá frente a las variables color y textura de papel.

### **Hipótesis**

#### ***Hipótesis factor A (Variedades de abacá)***

**Ho:** Las variedades de abacá (*Musa textilis* Née variedades: *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) no interfieren en el rendimiento de pulpa celulosa.

**Ha:** Las variedades de abacá (*Musa textilis* Née variedades: *Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) si interfieren en el rendimiento de pulpa celulosa.

#### ***Hipótesis factor B (Categorías)***

**Ho:** Las categorías de abacá 2, 4 y 5 no producen la misma calidad ni cantidad de pulpa de celulosa para la elaboración de papel blanco.

**Ha:** Las categorías de abacá 2, 4 y 5 si producen la misma calidad y cantidad de pulpa de celulosa para la elaboración de papel blanco.

***Hipótesis factor C (Dosis de NaOH)***

**Ho:** Las concentraciones 0,3 M y 0,5 M de NaOH a utilizar no influyen en el proceso de obtención de papel blanco.

**Ha:** Las concentraciones 0,3 M y 0,5 M de NaOH a utilizar si influyen en el proceso de obtención de papel blanco.



## CAPÍTULO II

### Revisión de la literatura

#### El abacá

El abacá también conocido comúnmente como el cáñamo de manila su nombre científico es (*Musa textilis* Née) es considerada una planta herbácea perteneciente a la familia Musáceas, es una planta originaria de Filipinas proveniente del continente asiático. Tiene una gran similitud en su aspecto físico al plátano y banano, pero con un color más púrpura y con un tallo más resistente que a todas las demás musáceas. El abacá es una de las principales fuentes de materia prima en la industria textil de origen vegetal, se conoce que dentro de mismo tallo se encuentran diferentes categorías de fibras con distinta calidad de colores, diferenciados por su longitud y color (FAO, 2010).

El origen de como el cultivo del abacá llegó a nuestro país Ecuador, es cuando ocurrió la Segunda Guerra Mundial donde tiempo después desde Filipinas transportaron ejemplares de este cultivo para ser introducidos al continente Americano, se conoce que uno de los climas más ideales fue la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas donde aquí fue, una de las empresas más conocidas y de origen Japonés que se posesionó a producir este cultivo de abacá a partir del año 1963, donde la compañía japonesa se centralizó en la producción, poscosecha, comercialización y exportación del abacá (FAO, 2010).

Su fibra es exportada principalmente a los países de Reino Unido, Indonesia, España, Alemania, Japón y Filipinas.

### ***Taxonomía del abacá***

**Tabla 1**

*Taxonomía de la planta de abacá.*


Estructura taxonómica del abacá	
Nombre científico	<i>Musa textilis</i> Née
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Zingiberales
Familia	Musaceae
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>M. textilis</i> Née
Nombre común	Abacá, Cañaño de manila

*Nota:* Obtenido de (FAO, 2010).

### ***Morfología del abacá***

**Tabla 2**

*Morfología de la planta de abacá.*

Planta 	Es herbácea perenne con altura promedio entre 3 a 7 m, compuesta por meristemas, tiene un pseudotallo terminado en una corona conformado por hojas y cuando es adulto forma un fruto denominado baya.
---	---

<p>Rizoma o bulbo</p> 	<p>Tiene un tallo subterráneo con meristemas, con un ancho de capa entre los 30 a 40 cm.</p>
<p>Raíz</p> 	<p>Son de color blanco cuando se encuentran tiernas y cuando emergen se hacen de color amarillo, con un diámetro entre los 5 a 8 mm, con una longitud entre 2,5 a 3 m de crecimiento horizontal y de profundidad hasta los 1,5 m.</p>
<p>Tallo</p> 	<p>Posee un pseudotallo de color oscuro con tonos de color morado en su exterior y se va tornando verde hasta ser más claro llegando al final de sus capas a ser de color blanco. Su tallo puede alcanzar los 7 metros de altura en sitios ideales para este cultivo, la circunferencia que tiene el tallo alcanza hasta los 50 cm.</p>
<p>Hojas</p> 	<p>Sus hojas son alargadas de color verde oscuro y cada hoja emerge desde el centro del pseudotallo. La longitud que alcanzan sus hojas en estado adulto es entre los 2 a 6 metros de largo.</p>
<p>Flores</p> 	<p>Tiene una inflorescencia compleja que contiene flores en el que se desarrollarán frutos y este se apoya del tallo floral; la inflorescencia está compuesta por flores femeninas y flores masculinas.</p>
<p>Fruto</p> 	<p>Los frutos se encuentran formados en un racimo compuesto por un raquis donde se encuentran en forma individual, estos comúnmente no son comestibles, no se realiza ningún tipo de proceso para extraer sus frutos. Pueden llegar a pesar entre 1 a 3 kg el racimo.</p>

*Nota:* Imágenes tomadas por (Herrera, R 2021) y contenido extraído de (Terán, 2018).

### ***Manejo del cultivo de abacá***

Uno de los climas ideales fue nuestro país Ecuador por sus condiciones climáticas favorables para este cultivo, con un clima tropical, de ambiente húmedo con temperaturas entre los 22 °C a 30 °C. A este cultivo le toma un tiempo promedio para realizar su primera cosecha de 18 a 24 meses y después su cosecha se da continuamente en cada 2 a 3 meses dependiendo de la época del año. Al ser un cultivo perenne su tiempo de producción supera hasta los 20 años (FAO, 2010).

### ***Tipos de variedades de abacá en el Ecuador***

Las variedades más conocidas son:

***Bungalanón.*** Es reconocida por ser una variedad con un rápido crecimiento y desarrollo, tiene su pseudotallo más pequeño y delgado en comparación a las otras variedades, su color es más diferenciado por ser más oscuro en la base del tallo, su parte superior tiene un verde más brillante, al extraer sus fibras son más suaves (FAO, 2010).

***Tangongón.*** Es identificada por ser de mayor tamaño su pseudotallo y su diámetro, es una variedad más resistente a los diferentes factores climáticos y a enfermedades, debido a que su estructura es mucho más gruesa y resistente (Zambrano, 2015).

***Manguindanao.*** Es una variedad que desarrolla un pseudotallo largo y de color rojizo oscuro en su exterior hasta llegar a ser más claro en sus capas más internas hasta llegar a ser de color blanco, sus fibras al ser extraídas son más suaves y brillosas (FAO, 2010).

### ***Proceso de obtención de fibra de abacá***

Los procesos para la obtención de la fibra se componen por las siguientes actividades:

**Deshoje o sunke.** Aquí se realiza el corte de todas las hojas de la planta y de la flor si es que también se encuentra; esto se realiza con la ayuda de un sunke que es una estructura larga con una cuchilla con filo para facilitar su corte (Cárdenas, 2016).

**Corte del tallo.** Esta actividad se utiliza un machete y el corte se lo realiza de manera inclinada hacia a fuera a 10 cm sobre el suelo, para facilitar el corte de la persona que lo realiza y para evitar posibles enfermedades podrición del tallo (FAO, 2010).

**Tuxeo.** Aquí se extraen tiras de las capas que cubren al pseudotallo, donde son extraídas tiras finas o llamadas tuxies con un ancho entre 5 a 8 cm y la longitud depende del tamaño del tallo y variedad (Cárdenas, 2016).

**Transporte de los tongos.** Los tuxies extraídos y conformados en tongos son llevados hacia el lugar en donde se encuentra la desfibradora o máquina de abacá (Cárdenas, 2016).

**Desfibrado.** En esta actividad se realiza la remoción del material no fibroso, esto se hace con la ayuda de una máquina conformada por un motor, un rodillo, un sistema de embrague y cuchillas; el cual su motor funciona con la aplicación de diésel que tiene un movimiento generado entre los 8 y 14 caballos de fuerza. Para su extracción de la fibra se toma una parte de los tuxes de similar color y estas se los coloca en la cuchilla las puntas de la parte inferior y lo que sobra hacia abajo va en el rodillo, con ayuda manual se extrae la fibra separada del residuo no fibroso (Cárdenas, 2016).

**Secado.** Se lo realiza al aire libre en sol, aquí se utilizan tendales hechos con cañas u otro tipo de estructura resistente, el tiempo en secarse va a depender de las condiciones climáticas como la temperatura y la humedad. En días muy soleados el secado toma alrededor de 3 a 5 horas y en días poco soleados se tarda en secarse de 1 a 3 días. La fibra es secada en forma separada por su color y calidad, para después formarlas en pacas para ser almacenada en bodegas con cubierta y con ventilación de acuerdo a cada categoría (Terán, 2018).

### ***Labores culturales del abacá***

**Coronas.** Se la realiza con la finalidad de mantener limpia la planta en los primeros meses después de su siembra, esta actividad se la realiza durante 3 a 4 veces al año (FAO, 2010).

**Deshije.** En esta actividad se busca eliminar los hijuelos no productivos o con tallos muy delgados, también se eliminan las capas no productivas de los pseudotallos las que se encuentren secas o con daños de perforaciones. Se lo realiza dos veces por año (Cárdenas, 2016).

**Deshoje.** Esto se realiza al momento de cortar los hijuelos no productivos y también al momento del corte del tallo para su cosecha; la actividad consiste en cortar todas las hojas y las capas secas del pseudotallo (Cárdenas, 2016).

**Chapeas o corte de malezas.** Aquí se busca mantener limpio el cultivo libre de malezas que influyan en el desarrollo y crecimiento del cultivo, esto se lo recomienda realizar de manera manual mediante una chapeadora o machete para evitar usar productos químicos que afecten a la producción del cultivo. Esto se lo realiza continuamente hasta que el cultivo este completamente desarrollado, pero después de su primera cosecha se lo realiza de 2 a 3 veces por año (FAO, 2010).

**Cosecha.** La cosecha se la realiza cuando ya emerge la flor del pseudotallo en la planta; al sembrar recién este cultivo se tarda de 18 a 20 meses aproximadamente para su primera cosecha, después de eso se cosecha continuamente de 2 a 3 veces por año. Aquí lo que se extrae principalmente es el pseudotallo de la planta donde el corte se lo realiza a 10 cm sobre el suelo y se aprovecha todo el tallo sin incluir sus hojas (Cárdenas, 2016).

Su aprovechamiento de su fibra en porcentaje se da de la siguiente forma:

- Fibra de segunda clase es del 15 %.
- Fibra de tercera clase es del 35 %.
- Fibra de cuarta clase es del 30 %.
- Fibra de quinta clase es del 20 %.

**Fertilización.** Su fertilización inicia conociendo los requerimientos nutricionales del cultivo como son principalmente de potasio y de nitrógeno, pero antes de esto se recomienda primero realizar un análisis químico del suelo, antes de la siembra del cultivo, con esto se tiene el conocimiento de que nutrientes va a necesitar para poder aplicar (FAO, 2010).

### ***Productividad***

La producción dependerá de la zona y de sus condiciones edafoclimáticas, por lo general en las provincias del Ecuador en donde se produce este cultivo, se tiene un porcentaje de productividad de 15 a 25 años desde que inicia su siembra; dentro de la obtención de su fibra seca se encuentra entre un 1,2 % a 2 % del peso fresco que posee el pseudotallo el cual puede pesar entre los 50 a 70 kilogramos y su producción por hectárea tiene un promedio de 2 a 2,5 toneladas pero con un buen manejo del cultivo puede incrementar su valor (Cobos, 2018).

Su siembra se realiza en diferentes distanciamientos, pero el más conocido es el que se siembran un total de 816 plantas por hectárea; existen otros como 3,5 x 3,5 metros y 4 x 3 metros esto dependerá también de la superficie del suelo ya sea más inclinada o esta sea más horizontal.

### ***Aplicaciones que se da a la fibra de abacá***

Los principales usos que se le da a la fibra del abacá son principalmente para la extracción de papel, elaboración de cuerdas, cabos marinos, redes para pesca por su alta resistencia en el agua de mar; otro uso es en la industria para la fabricación de bolsas de té, envolturas para alimentos como los embutidos, se utiliza también para la elaboración de filtros para cigarrillos, filtros de aceites, alfombras, muebles, persianas, sombreros, telas para la confección de ropa y también para la industria textil para la elaboración de pañales, cofias, mascarillas y otros (FAO, 2010).

Dentro de los usos que se le da a la fibra es especialmente para papel, el cual se pueden realizar lo siguiente:

- Papel billete, por ejemplo, el Yen que es el dinero oficial de Japón.
- Papel para decoración de alta calidad
- Papel de arte especial
- Bolsas de café y para té
- Papel para medicamentos
- Papel para filtros de equipos médicos
- Papel para alimentos y desechos
- Papel para envolver embutidos
- Papel para cigarrillos
- Papel para cables y cintas adhesivas



- Papel para servilletas
- Hojas de papel.

### ***Exportaciones del abacá y empresas del Ecuador***

**Furukawa Plantaciones C.A del Ecuador.** Es una empresa privada de origen japonés que se fundó en el año 1961 cuando inicio en la actual provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, actualmente funciona en Ecuador desde el año 1963, donde principalmente la empresa exporta fibra de abacá a Japón, Filipinas, España, Reino Unido y Alemania. La empresa abacalera tiene en el Ecuador 32 haciendas con un total de 2 300 hectáreas distribuidas por las provincias de Santo Domingo de la Tsáchilas, Esmeraldas y Los Ríos (Zambrano, 2015).

**Cooperativa de Producción Agrícola Abacá Ecuador (CAE).** Esta cooperativa creada jurídicamente donde inició sus actividades comerciales desde el año 1967 dedicada a la producción de abacá y venta de fibra al por mayor y menor. Tiene dos sucursales actualmente activas en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas las cuales se encuentran una en el cantón La Concordia en la parroquia de Monterrey y la otra en el cantón Santo Domingo en la parroquia de Luz de América. El actual presidente de la cooperativa es el Ingeniero Camilo Jaramillo, está conformada por socios fundadores los cuales actualmente tiene cultivos de abacá distribuidos principalmente en la provincia Tsáchilas (Terán, 2018).

**EVANS (Terra Sol S.A).** Esta empresa fue fundada en el año de 1961, con el propósito de sembrar otros cultivos como piña y cacao; pero al llegar al año de 1968 se dedicó a comprar y a vender abacá de forma internacional lo cual para seguir con su actividad de mercado se denominó como empresa llamada EVANS (EVANS, 2006).

**ABAUDESA S.A (Abacá Unión del Ecuador S.A).** Es una empresa que inició sus actividades comerciales en el año 1995 como sociedades jurídicas, donde se dedican a la venta al por mayor de abacá, una de las sucursales que tuvo fue en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo (ABAUDESA, 2014).

### **Celulosa**

La celulosa se caracteriza por ser un polisacárido y forma como parte principal de las paredes celulares de toda especie vegetal, su mayor compuesto es la glucosa. También es considerada como una biomolécula denominada orgánica y es la más abundante en la biomasa terrestre. La celulosa forma parte de una larga cadena de carbohidratos polisacáridos; donde además almacenan fuentes de glucosa por el proceso de la fotosíntesis que realiza la especie vegetal. Este polisacárido no solo lo encontramos en las paredes celulares de las plantas sino también en frutas, cereales y en las hortalizas (Dergal, 2006).

### ***Extracción de celulosa***

Para obtener celulosa lo primero que debemos conseguir es un concentrado de fibras con características celulósicas, que sea flexibles y resistente. Los procedimientos que se realizan para extraer la mayor cantidad de esto dependerán de la calidad celulítica de una especie vegetal y de los reactivos que se utilicen durante su proceso. Los pasos que se conocen principalmente para la industrialización de la madera son el proceso de pasta química, pasta mecánica y la pasta mixta (combinada de ambas) (Gómez, 2010).

Dentro de los reactivos más utilizados para obtener papel es el hidróxido de sodio y el peróxido de hidrógeno; de acuerdo a los parámetros que se deseen observar

como producto final del papel son principalmente la rugosidad, la blancura y su resistencia al maniobrado como el rasgado y plegado (Gómez, 2010).

### ***Procesos de obtención de celulosa***

**Pasta química.** Es un proceso de cocción de la materia prima en altas temperaturas como por ejemplo la madera y a esta se le añade químicos donde su propósito es disolver a la lignina que está en la madera o el material vegetal. Al producir celulosa química está es de menor rendimiento, esto quiere decir que su calidad original disminuye entre un 40 % a 60 % de lo original; el resultado de esta fibra facilita su blanqueamiento, pero su calidad se va perdiendo con el paso del tiempo (Jiménez, 2017).

**Pasta mecánica.** Para su obtención se requieren procesos de trituración y molienda mecánicamente, para después ser colocados a temperaturas altas y a presión. Después de realizar este paso se procede a clasificar la pasta, lavarla y por último blanquearla, realizar todo esto requiere un costo muy alto de energía, pero el resultado que se obtiene es de un mayor rendimiento entre el 85 % al 95% pero con una cantidad de lignina aun en su producto final ocasionando que esta se pueda oxidar; es por esto que los principales usos al que se da a este producto es para el uso de papel periódico o para impresiones de menor calidad (Jiménez, 2017).

**Pasta mixta.** En este método se aplican las dos técnicas la cual es la mecánica y la química, donde se aplican ciertos aditivos químicos al momento de realizar el método mecánico esto se realiza con el fin de apresurar la extracción de la celulosa (Gómez, 2010).

**Hidróxido de sodio.** El hidróxido de sodio conocido también por su fórmula química como (NaOH) es denominado un sólido cristalino blanco que no emite olor a

temperatura ambiente, tiene la capacidad de absorber la humedad del aire y el dióxido de carbono fácilmente. Es una sustancia corrosiva al disolverse con agua y es capaz de liberar calor cuando se neutraliza con algún ácido. Su uso es principalmente para la elaboración de papel, jabones, detergentes, derivados del petróleo y otros (Enríquez, 2013).

Dentro de la industria del papel su función principal es para la eliminación de lignina al realizarse un cocido de la madera o fibra de la cual se busca elaborar papel con hidróxido de sodio y también se utiliza como tratamiento de fibras de algodón para así poder mejorar sus propiedades (IDEAM, 2003).

**Peróxido de hidrógeno.** Es denominado comúnmente como agua oxigenada o dióxido de hidrógeno, es un líquido incoloro con un sabor amargo a temperatura ambiente. Su fórmula química es  $H_2O_2$ ; su uso principal es como blanqueador textil, como producto para la elaboración de papel, plásticos, tratamiento de agua, refinado, desinfectante, es un producto antiséptico utilizado principalmente en farmacéutica y también para la desinfección de semillas (UACJ, 2005).

Su manejo al momento de utilizarlo debe ser de protección hacia la persona quien manipule el producto, practicar las normas de bioseguridad e higiene. Su almacenamiento debe ser en sitios ventilados, secos y frescos, mantener bien cerrado en botellas o contenedores resistentes de color oscuro y rotulado, protegido de la luz y con temperaturas inferiores a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  y fuera del alcance de niños (UACJ, 2005).

**Industria del papel.** El papel es de gran importancia e indispensable a nivel mundial, es utilizado en muchos ámbitos e inclusive a diario por las personas. Los avances tecnológicos se han ido incrementando con el paso de los años empleando muchas técnicas para la extracción del papel (Lasso, 2019).

Actualmente la industria del papel tiene como objetivo la disminución sobre el impacto que causa la extracción de papel hacia el medioambiente, buscando alternativas más sustentantes y amigables con la naturaleza, donde principalmente se ha buscado incentivar al reciclaje del papel y aprovechamientos de residuos de fuentes de fibras para la fabricación de papel (Lasso, 2019).

### ***Procedimiento para la obtención de celulosa blanqueada***

Según (Ruiz, 2018) los principales materiales utilizados para la elaboración del papel es principalmente la madera, pero existen otras alternativas como las fibras como por ejemplo de algodón, lino, abacá y el papel reutilizado. Dentro de la obtención de papel se compone de tres etapas importantes las cuales son las siguientes:

- Preparación de la fibra: aquí se realiza el talado del árbol y aserrado en trozos pequeños.
- Despulpado: se coloca la madera en un contenedor con la mezcla de productos químicos y de agua en donde se calienta y se extrae la pulpa.
- Blanqueo: después de obtener la pulpa limpia y sin residuos de químicos, el papel ya puede ser blanqueado utilizando productos como cloro o también peróxido de hidrógeno (Ruiz, 2018).

### ***Propiedades de la hoja de papel blanco***

Según (Laqui, 2017), las principales características físicas, químicas y ópticas del papel son las siguientes:

**Tabla 3**

*Características físicas, químicas y ópticas del papel.*

Físicas	Químicas	Ópticas
Peso	Humedad	Color
Calibre	pH	Brillo
Dureza	Cenizas	Lustre
Rigidez	Almidón	Trasparencia
Lisura		
Densidad		
Resistencia a la tensión, exposición, rasgado y plegado		

*Nota:* Obtenido de (Laqui, 2017).

## CAPÍTULO III

### Metodología

#### Ubicación del área de investigación

##### *Ubicación Política*

País	:	Ecuador
Provincia	:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón	:	Santo Domingo de los Colorados
Parroquia	:	Luz de América
Sector	:	Km 24 Vía Santo Domingo – Quevedo, Hacienda Zoila Luz

##### *Ubicación Geográfica*

El estudio se llevó a cabo en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Santo Domingo, ubicado en la parroquia Luz de América, km 24 de la vía Santo Domingo – Quevedo.

Latitud	:	00° 24' 36'' S
Longitud	:	79° 18' 43'' O
Altitud	:	270 m.s.n.m.

##### *Ubicación Ecológica*

Zona de vida	:	Bosque húmedo tropical (bh-T)
Altitud	:	224 m.s.n.m.

Temperatura media	:	24,6° C
Precipitación	:	2870 mm/año
Humedad relativa	:	85-90%
Suelos	:	Franco limo arcillosos
Luminosidad	:	10-12 Horas/día – 680 h luz/año

### **Ubicación del área de extracción de la materia prima**

#### ***Ubicación política***

País	:	Ecuador
Provincia	:	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón	:	La Concordia
Parroquia	:	Plan Piloto
Sector	:	Apolo 11

#### ***Ubicación geográfica***

La extracción de la materia prima, en este caso, muestras de fibra de abacá, se llevó a cabo en la parroquia Plan Piloto ubicada en el km 32 + 11 de la vía Santo Domingo – La Concordia en la finca “Herrera” que se encuentra en el recinto Apolo 11 y se dedican a la cosecha y comercialización de la fibra de abacá.

Latitud	:	00° 4' 54'' S
Longitud	:	79° 23' 29'' O



Altitud : 260 m.s.n.m.

### Ubicación ecológica

Zona de vida : Bosque húmedo tropical (bh-T)

Altitud : 254 m.s.n.m.

Temperatura media : 24 °C

Precipitación : 3 000 m/año

Humedad relativa : 88 %

Suelos : Franco arenosos

Luminosidad : 10-12 Horas/día – 680 h luz/año.

**Figura 1** Mapa de ubicación geográfica del sitio donde se llevó a cabo la extracción de la materia prima y donde se realizó la evaluación de la misma para la investigación.



Nota: Elaborado por: Alman, A y Herrera, R (2021).

## Materiales

### *Materiales empleados para la elaboración del papel blanco*

**Tabla 4**

*Elementos esenciales para llevar a cabo la extracción de papel blanco a partir de fibra de abacá.*

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Estufa Memmert	Guantes	Peróxido de hidrógeno 30%	Muestra de fibra de las variedades <i>Tangongón</i> , <i>Bungalanón</i> y <i>Manguindanao</i> grado 2
Baño maría	Mascarillas	Hidróxido de sodio	Muestra de fibra de las variedades <i>Tangongón</i> , <i>Bungalanón</i> y <i>Manguindanao</i> grado 4
Licuadaora	Tamiz	Agua destilada	Muestra de fibra de las variedades <i>Tangongón</i> , <i>Bungalanón</i> y <i>Manguindanao</i> grado 5
Balanza eléctrica	Vasos de precipitación 1 L. Prensa Recipientes de plástico Bastidor rectangular		

**Recursos utilizados para conocer la resistencia al rasgado del papel blanco**

**Tabla 5**

*Elemento empleado para determinar la resistencia al rasgado del papel blanco a partir de fibra de abacá.*

Equipos	Muestras
Balanza de resorte Dinamómetro	Papel blanco elaborado con las fibras de abacá de las variedades <i>Tangongón</i> , <i>Bungalanón</i> y <i>Manguindanao</i> de las categorías 2, 4, 5 por cada variedad.

**Recursos empleados para determinar la cantidad de ceniza de papel blanco**

**Tabla 6**

*Elemento empleado para determinar la cantidad de ceniza del papel blanco a partir de fibra de abacá.*

Equipos	Materiales	Muestras
Desecador Mufla Cocineta eléctrica	Crisoles pequeños Guantes de calor Pinzas	Papel blanco elaborado con las fibras de abacá de las variedades <i>Tangongón</i> , <i>Bungalanón</i> y <i>Manguindanao</i> de las categorías 2, 4, 5 por cada variedad.

**Recursos empleados para determinar la humedad del papel blanco**

**Tabla 7**

*Elemento empleado para determinar la humedad del papel blanco a partir de fibra de abacá.*

Equipos	Materiales	Muestras
Estufa Balanza eléctrica	Caja Petri	Papel blanco elaborado con las fibras de abacá de las variedades <i>Tangongón</i> , <i>Bungalanón</i> y <i>Manguindanao</i> de las categorías 2, 4, 5 por cada variedad.

**Recurso utilizado para determinar el espesor del papel**

**Tabla 8**

*Elemento empleado para determinar el espesor del papel blanco a partir de fibra de abacá.*

Equipos	Muestras
Micrómetro (mm)	Papel blanco elaborado con las fibras de abacá de las variedades <i>Tangongón</i> , <i>Bungalanón</i> y <i>Manguindanao</i> de las categorías 2, 4, 5 por cada variedad.

### **Recursos empleados para determinar la fibra contenida en el papel blanco**

**Tabla 9**

*Elemento empleado para determinar la fibra del papel blanco a partir de fibra de abacá.*

Equipos	Materiales	Reactivos	Muestras
Equipo Dosi-Fiber	Fibra de vidrio	Ácido sulfúrico	Papel blanco elaborado
Balanza analítica	Guantes	Hidróxido de	con las fibras de abacá
Bomba al vacío	Mascarillas	potasio	de las variedades
Estufa	Matraz quitasato	Antiespumante	<i>Tangongón, Bungalanón</i>
Mufla	Crisoles	Acetona	y <i>Manguindanao</i> de las
Desecador	porosos		categorías 2, 4, 5 por
			cada variedad.

### **Recursos empleados para determinar el pH del papel blanco**

**Tabla 10**

*Elemento empleado para determinar el pH del papel blanco a partir de fibra de abacá.*

Equipos	Materiales	Muestras
Potenciómetro	Vaso de precipitación de 50 ml Agua destilada	Papel blanco elaborado con las fibras de abacá

### **Métodos**

**Obtención de fibra de abacá** (*Musa textilis* Née, variedades: *Tangongón, Bungalanón* y *Manguindanao*)

Para la evaluación de las tres variedades de abacá (*Musa textilis* Née., variedades: *Tangongón, Bungalanón* y *Manguindanao*), y poder elaborar papel blanco,

lo primero que se procedió a realizar fue el reconocimiento del sitio de extracción de las variedades de abacá (*Tangongón, Bungalanón y Manguindanao*) como materia prima, esta actividad se llevó a cabo en la parroquia Plan Piloto, del Cantón La Concordia, en la finca de la familia Herrera, en la misma donde se realizan todos los procesos de obtención de fibra de abacá para su comercialización.

Posteriormente se realizó el desfibre de las variedades seleccionadas y estas fueron agrupadas por categoría (2, 4, 5) para la investigación. El trabajo consistió en pasar los “tuxes” por la máquina desfibradora, esta posee un trompo de madera que gira impulsado por un motor, a este proceso se le conoce como “maquinear.”

Luego de maquinear las fibras seleccionadas, estas pasaron al proceso de secado al natural de cada variedad de abacá (por separado) en tendales que mayormente están hechos de estructuras de cemento como postes y caña como tendal movable, el secado es el que les da a las fibras flexibilidad.

Una vez secada la fibra (el tiempo de secado depende de la intensidad lumínica), se procedió a realizar la categorización de las calidades de abacá por grado, aquí se evaluó el color por variedad, y se empezó a determinar las categorías seleccionadas (2, 4, y 5).

### ***Extracción de la muestra o materia prima para la elaboración del papel blanco***

Para la obtención de muestras de fibra de abacá en cada variedad previamente secada y limpia, se tomó el peso a cada muestra extraída de las variedades y categorías (2, 4, 5) de calidad y finamente se realizó la extracción de 100 gramos de fibra de abacá, almacenándolas en sobres manila, como muestra para el proceso de estudio en laboratorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, que se encuentra en el km 24 de la vía Santo Domingo-Quevedo.

### ***Elaboración de papel blanco a partir de la fibra de abacá***

**En el secado.** Después de obtener las muestras de abacá, en una estufa Memmert por un tiempo de 48 horas se procedió a secar a una temperatura de 60 ° C, se extrajo 100 gramos por muestra, ya bajo en porcentaje de humedad.

**Corte de la fibra.** Utilizando tijeras, se realizó este proceso de corte para obtener partículas pequeñas de la materia prima ya seca.

**Cocción.** En el proceso de cocción se preparó la solución de hidróxido de sodio (NaOH) a una concentración de 0,3 y 0,5 molar se sumergió la materia prima en envases plásticos herméticos, luego se los sumergió en el baño maría a 90 °C y manteniendo dentro de un rango de +/- 5 °C durante el tiempo de una hora.

**Primer reposo.** Este se efectuó por 8 días, la materia prima sumergida con la solución de NaOH en los envases sellados herméticamente.

**Primer tamizado.** El primer tamizado ayudó a que se separará la fibra del licor negro generado en la cocción.

**Primer lavado.** Este Lavado de la fibra se realizó con agua destilada hasta que el agua residual se vea transparente.

**Blanqueado.** En el blanqueo, las fibras lavadas se sumergieron en peróxido de hidrogeno al 30% de concentración.

**Segundo Reposo.** Las fibras sumergidas en peróxido de hidrogeno se dejaron reposar durante 24 horas

**Segundo tamizado.** mediante un tamiz o cernidero, se hizo la remoción de la mayor cantidad de peróxido de hidrogeno.

**Segundo Lavado.** con agua destilada se eliminó la mayor cantidad de peróxido de hidrogeno hasta que el agua residual se vio transparente.

**Licuada de la fibra blanqueada.** Una vez lavada, se procedió a ponerla en una licuadora con agua destilada y a licuarla para homogenizar las partículas de la fibra.

**Moldeado.** Para realizar el moldeado, con un bastidor rectangular con de un formato interno A4, se procedió extender la fibra hasta que quede uniforme en la superficie del bastidor.

**Prensado.** Se utilizó una prensa manual de madera para aplastar y escurrir el agua contenida en las hojas, y luego se la ubico de forma inclinada para que se elimine la mayor cantidad de agua durante 24 horas.

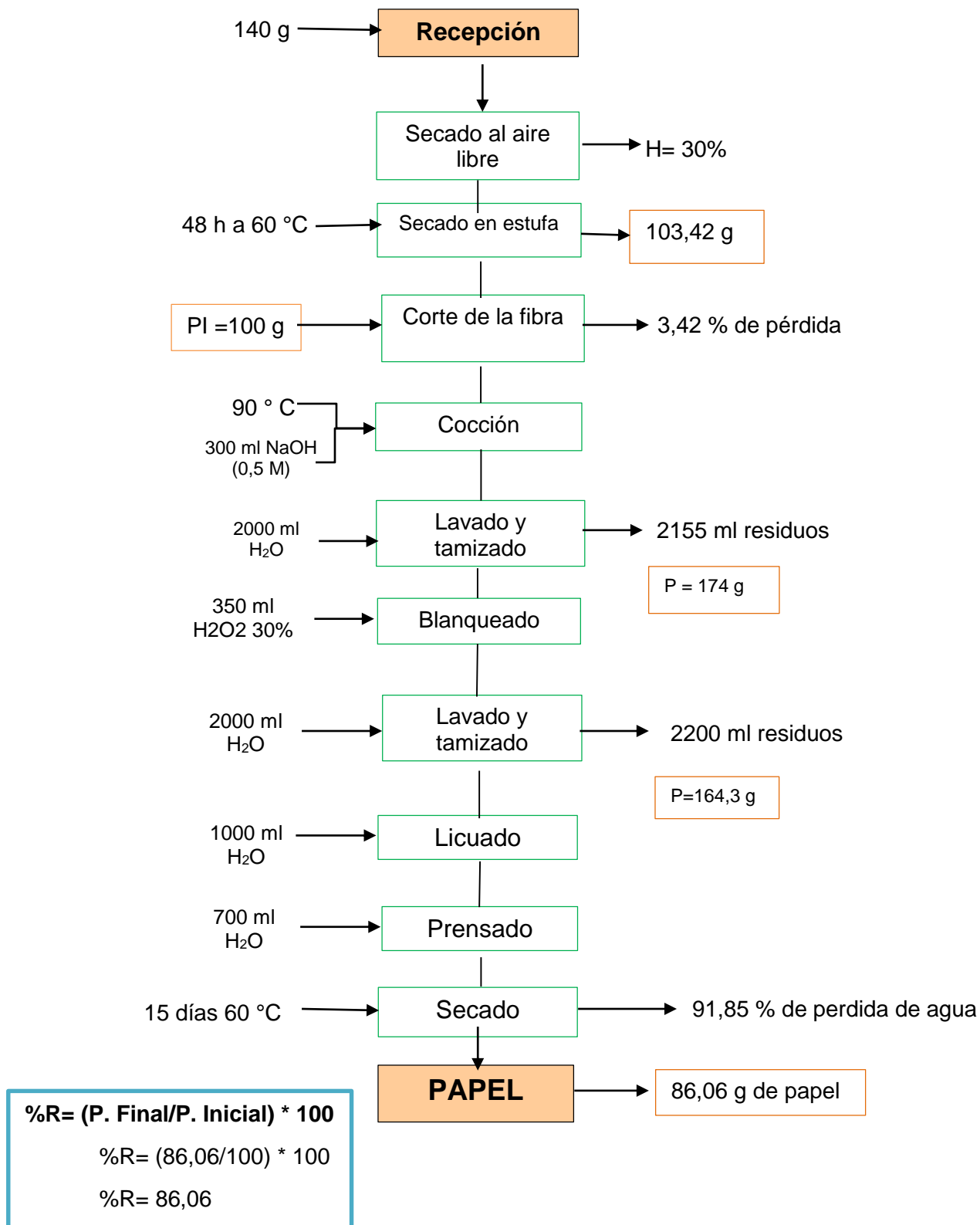
**Secado.** En el secado, se colocó la prensa pequeña en la estufa Memmert a una temperatura de 60 °C durante el tiempo que esta pierda la humedad en su totalidad.

Finalmente se obtuvo la hoja de papel elabora de fibra de abacá.



**Figura 2**

Flujograma de la elaboración del papel (T18 R3).



## Diseño experimental

### *Factores empleados en el experimento*

**Tabla 11**

*Factores y niveles propuestos para el estudio de la extracción de pulpa celulósica a partir de fibras de abacá.*

Factores	Niveles
Variedades de abacá (A)	a1= <i>Bungalanón</i> a2= <i>Manguindanao</i> a3= <i>Tangongón</i>
Categorías (B)	b1 = Categoría 2 b2 = Categoría 4 b3 = Categoría 5
Dosis de NaOH (C)	c1 = 0,3 M c2 = 0,5 M

### *Tratamientos a comparar para obtención de pulpa celulósica*

**Tabla 12**

*Tratamientos a comparar dentro del estudio para la obtención de pulpa celulósica a partir de la fibra de abacá.*

Tratamientos	Descripción
T1	a1b1c1 <i>Bungalanón + Categoría 2 + 0,3 M</i>
T2	a2b1c1 <i>Manguindanao + Categoría 2 + 0,3 M</i>
T3	a3b1c1 <i>Tangongón + Categoría 2 + 0,3 M</i>
T4	a1b2c1 <i>Bungalanón + Categoría 4 + 0,3 M</i>

---

T5	a2b2c1	<i>Manguindanao + Categoría 4 + 0,3 M</i>
T6	a3b2c1	<i>Tangongón + Categoría 4 + 0,3 M</i>
T7	a1b3c1	<i>Bungalanón + Categoría 5 + 0,3 M</i>
T8	a2b3c1	<i>Manguindanao + Categoría 5 + 0,3 M</i>
T9	a3b3c1	<i>Tangongón + Categoría 5 + 0,3 M</i>
T10	a1b1c2	<i>Bungalanón + Categoría 2 + 0,5 M</i>
T11	a2b1c2	<i>Manguindanao + Categoría 2 + 0,5 M</i>
T12	a3b1c2	<i>Tangongón + Categoría 2 + 0,5 M</i>
T13	a1b2c2	<i>Bungalanón + Categoría 4 + 0,5 M</i>
T14	a2b2c2	<i>Manguindanao + Categoría 4 + 0,5 M</i>
T15	a3b2c2	<i>Tangongón + Categoría 4 + 0,5 M</i>
T16	a1b3c2	<i>Bungalanón + Categoría 5 + 0,5 M</i>
T17	a2b3c2	<i>Manguindanao + Categoría 5 + 0,5 M</i>
T18	a3b3c2	<i>Tangongón + Categoría 5 + 0,5 M</i>

---

### ***Tipo de diseño experimental***

El tipo de diseño experimental a utilizar fue un arreglo factorial A x B x C (3x3x2) en un D.B.C.A.

### ***Repeticiones***

El estudio se conformó de 18 tratamientos, con 3 repeticiones, con un total de 54 unidades experimentales.

## Análisis estadístico

### *Esquema del análisis de varianza*

**Tabla 13**

*Esquema del análisis de varianza del estudio para la obtención de pulpa celulósica a partir de la fibra de abacá.*

Fuentes de variación		Grados de libertad (GL)
Variedades (A)	a-1	2
Categorías (B)	b-1	2
Dosis de NaOH (C)	c-1	1
A x B	(a-1)(b-1)	4
A x C	(a-1)(c-1)	2
B x C	(b-1)(c-1)	2
A x B x C	(a-1)(b-1)(c-1)	4
Bloque	b-1	1
Error Experimental	abc (n-1)	36
Total		54

## Análisis funcional

Se aplicó el análisis con la prueba de significancia Tukey al 5 % para los resultados con varianzas significativas.

### **Variables a evaluar dentro del estudio**

#### ***Determinación del espesor (mm) del papel***

Se utilizó un micrómetro y se tomó datos de los cuatro lados de la hoja para sacar un promedio y el resultado es el espesor de la hoja en milímetros.

### ***Determinación del gramaje (gr/m<sup>2</sup>) del papel***

Se utilizó una muestra del papel elaborado con fibra de abacá, muestras de 8 (cm) \* 8 (cm), posteriormente se procedió a calcular el área en m<sup>2</sup>, finalmente se tomó el peso para remplazarlo en la fórmula presentada a continuación.

Fórmula:

$$\text{Gramaje} = \frac{\text{Masa}}{\text{Area}} = \text{gr/m}^2$$

### ***Determinación de la densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) del papel***

Se la expresó en g/cm<sup>3</sup>, y se calculó dividiendo el peso en gramos por metro cuadrado entre el espesor en micras, haciendo uso de la fórmula planteada a continuación.

Fórmula:

$$D = \frac{\text{Gramaje (gr/m}^2\text{)}}{\text{Espesor del papel(micras)}} = \text{g/cm}^3$$

### ***Determinación del rendimiento (%) por balance de materias***

Por cada variedad de fibra de abacá y categoría (2, 4 y 5) de calidad, se obtuvo el peso de la materia prima secado en estufa y se tomó el peso de la hoja ya seca, obtenida de cada muestra de fibra de abacá y luego se dividió el peso final del papel para la materia prima seca en estufa, a este resultado se lo multiplicó por 100 para saber el porcentaje de rendimiento y así se comparó el rendimiento del papel obtenido por cada variedad y calidad. Los datos se ubicaron como se muestra en la fórmula continuación.

Fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso final del papel}}{\text{Peso de materia seca}} \times 100$$

***Determinación de las cenizas (%) obtenidas del papel***

Primero se obtuvo el peso constante de un crisol colocado por de 3 horas dentro de la mufla a 550 °C, pasado este tiempo se pesó crisol y luego se lo volvió a pesar con 1 gramo de las muestras de papel.

- Se quemó la muestra en una parrilla hasta que ya no se observara que desprendía humo.
- Se colocó a la mufla (3 horas) a 550 °C.
- Se retiró de la mufla y se dejó reposar por unos minutos en el desecador la muestra, para luego pesarla.
- Finalmente se calculó el porcentaje de cenizas con la fórmula especificada a continuación.

Fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P - p}{M} \times 100$$

Dónde:

P= Peso del crisol con la ceniza en gramos

p= Masa del crisol en gramos vacío

M= Peso de la muestra en gramos

***Determinación del pH del papel***

Se evaluó con el potenciómetro digital, para ello, se colocó en un vaso de precipitación 3 gramos de muestra más 50 (ml) de agua destilada hervida y a temperatura ambiente, para posteriormente mezclarla y dejarla en reposo por unos 15 minutos, el pH se determinó por lectura directa.

***Determinación de la humedad (%) del papel***

- Se colocó por 2 horas a 130 °C 54 cajas Petri rotuladas con los tratamientos para luego tomarles el peso constante, luego se agregó 2 gramos de muestra de papel en cada una.
- Se colocó las muestras en la estufa por 2 horas a 90 °C y luego se dejó enfriar.
- Una vez estando a temperatura ambiente, se tomó el peso final.
- Finalmente se realizó el cálculo con la presente fórmula.

Fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P1 - P2}{P1 - p} \times 100$$

Donde:

P1 = Peso de la caja Petri con la muestra antes del secado (gramos).

P2 = Peso de la caja Petri después del secado (gramos).

P = Peso de la caja Petri al vacío (gramos).

### ***Determinación de fibra (%) del papel***

#### **Para preparar la muestra.**

- Se extrajo 1 gramo de muestra del papel, cortado en trocitos.
- Se puso una capa de fibra de vidrio dentro del crisol poroso y se cortó los excesos que sobresalían del mismo para luego tomarle el peso.
- Se pesó el gramo de la muestra ya insertado dentro del crisol preparado y luego se lo lleva al equipo de fibra.

#### **Hidrólisis ácida y básica.**

- Se preparó una solución de 7,1 (ml) de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) en 1000 (ml) de agua.
- Una vez con el equipo encendido, se procedió a abrir los circuitos de refrigeración.
- Una vez las válvulas cerradas, se añadió 100 (ml) de  $H_2SO_4$  en cada columna y 10 gotas de antiespumante (Octanol)
- Se giró el manubrio rotativo se las resistencias calefactoras hasta el 10 y se activó el timer para 10 minutos donde procedió a hervir, cumplido este tiempo se disminuyó el potencial al 7 y se dejó hervir durante 30 minutos.
- Una vez culminado el tiempo de hervor con la primera solución se abrió el circuito de vacío y se colocó los mandos en posición de adsorción.
- Se cerró las válvulas y se lavó con 1 L de agua destilada hirviendo.
- Se repitió todos los procesos anteriores, pero utilizando una solución NaOH previamente preparada con 12,5 g de NaOH en 1000 (ml) de agua.



### **Extracción en frío con acetona**

- Una vez frías las muestras, se vertió acetona y se las dejó reposar por de 5 minutos.
- Se conectó el Kitasato con la bomba al vacío, luego se lavó la acetona agua destilada.
- Se ubicaron las muestras en la estufa a 150 °C para que durante 2 horas la acetona se evapore.
- Se pesó los crisoles, y luego se los puso por 3 horas dentro de la mufla a 550 °C.
- Se dejó enfriar las muestras y se tomó el peso. Finalmente, los valores obtenidos se remplazaron en la fórmula a continuación.

Fórmula:

$$\% \text{ de fibra bruta} = \frac{W1 - W2}{W0} \times 100$$

Dónde:

W0= Peso de la muestra

W1= Peso del crisol más la muestra seca

W2= Peso del crisol más la muestra calcinada.







### ***Determinación del color del papel***

Se procedió a realizar con ayuda del método óptico que es una escala colorimétrica del papel por cada variedad y calidad de la fibra de abacá. Se evaluó a 10 personas con un rango de edad de 20 a 28 años, se les entregó hojas con cada uno de los tratamientos y sus repeticiones con la escala de colores y sus nombres con cada

valor que le correspondería. Cada participante fue observando las muestras y marcando en la hoja de evaluación el color que a su parecer era el indicado. Se tomó en cuenta que  $>0,5$  del valor entero, se determina que se acerca a la siguiente coloración.

**Tabla 14**

*Escala colorimétrica para determinar la variable color, se la utilizó en este caso para conocer la rugosidad del papel hecho a partir de la fibra de abacá.*

<b>Color</b>		
<b>Calificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplos de coloraciones</b>
1	Marrón óxido oscuro	
2	Castaño	
3	Marrón cereza	
4	Ligeramente beige claro	
5	Ligeramente beige perla	
6	Beige	

#### ***Determinación de la rugosidad del papel***

Mediante una escala de textura posibles resultantes se determinó la rugosidad del papel elaborado de fibras de abacá. Se evaluó a 10 personas con un rango de edad de 20 a 28 años, se les entregó hojas con cada uno de los tratamientos y sus repeticiones y la escala de texturas con cada valor que le correspondería. Cada participante fue palpando las muestras y marcando en la hoja de evaluación la textura a su parecer. Se tomó en cuenta que  $>0,5$  del valor entero, se determina que se acerca a la siguiente coloración.

**Tabla 15**

*Escala de textura para determinar la rugosidad del papel utilizada en este caso para conocer la rugosidad del papel hecho a partir de la fibra de abacá.*

Textura	
Calificación	Descripción de la textura del papel
1	Muy rugoso
2	Rugoso
3	Ligeramente rugoso
4	Ligeramente liso
5	Liso
6	Muy liso

***Determinación de la resistencia al rasgado (N)***

Se extrajo muestras de 8 (cm) \* 8 (cm) al papel, se perforó a cada lado y se extendió en un tensiómetro de 100 (N) aplicando fuerzas a sus lados hasta que se rasgue los sitios perforados, con ayuda de una cámara, se procedió a grabar el momento exacto y así conocer a los cuantos (N) de fuerza se procede a rasgar el papel elaborado con abacá.

## CAPÍTULO V

### Resultados

#### Análisis de varianza

#### *Análisis de varianza para las variables físicas del papel de abacá.*

**Tabla 16**

*Análisis de varianza para la variable espesor (mm) del papel obtenido de fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	0,207293	2	0,103646	1,96	0,1564
B: Categorías	0,399893	2	0,199946	3,78	0,0329*
C: Dosis de NaOH	0,334491	1	0,334491	6,33	0,0168*
R: Repetición	0,26527	2	0,132635	2,51	0,0963
AB	1,72431	4	0,431077	8,15	0,0001*
AC	0,0904704	2	0,0452352	0,86	0,434
BC	1,03285	2	0,516424	9,77	0,0004*
ABC	0,604374	4	0,151094	2,86	0,0382*
RESIDUOS	1,7976	34	0,0528705		
TOTAL	6,45654	53			

En el análisis de varianza de la tabla 16 para la variable espesor (mm) del papel, se puede observar que existe diferencia significativa en el: Factor B (Categorías), Factor C (Dosis de NaOH), interacción A\*B (Variedades de abacá \* Categorías), interacción B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH) y en la interacción A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH). Por otra parte, el: Factor A (Variedades de abacá) y la interacción A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH), no presentó diferencia significativa para esta variable.

**Tabla 17**

*Análisis de varianza para la variable gramaje ( $gr/m^2$ ) del papel elaborado con fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	33159,6	2	16579,8	3,22	0,0525
B: Categorías	18625,2	2	9312,61	1,81	0,1794
C: Dosis de NaOH	6,50347	1	6,50347	0	0,9719
R: Repetición	67275,4	2	33637,7	3,53	0,1004
AB	65453,9	4	16363,5	3,18	0,0255*
AC	23316,2	2	11658,1	2,26	0,1195
BC	40644,3	2	20322,1	3,94	0,0288*
ABC	135704	4	33926,1	6,59	0,0005*
RESIDUOS	175158	34	5151,71		
TOTAL	559344	53			

En el análisis de varianza de la tabla 17 para la variable gramaje de papel, se puede observar que existe diferencia significativa en las interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías), B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH). Por otra parte, los factores: A (Variedades de abacá), B (Categorías), C (Dosis de NaOH) y en la interacción A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH), no presentó diferencia significativa para esta variable.

**Tabla 18**

*Análisis de varianza para la variable densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) del papel elaborado con fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	0,000833333	2	0,00041667	0,7	0,5057
B: Categorías	0,00201111	2	0,00100556	1,68	0,2017
C: Dosis de NaOH	0,00214074	1	0,00214074	3,57	0,0672
R: Repetición	0,0132333	2	0,00661667	3,05	0,1002
AB	0,0230222	4	0,00575556	9,61	0,0000*
AC	0,00158148	2	0,00079074	1,32	0,2805
BC	0,000337037	2	0,00016852	0,28	0,7565
ABC	0,0130074	4	0,00325185	5,43	0,0017*
RESIDUOS	0,0203667	34	0,00059902		
TOTAL	0,0765333	53			

En el análisis de varianza de la tabla 18 para la variable densidad aparente del papel, identifica que existe diferencia significativa en las interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH). Por otra parte, los factores: A (Variedades de abacá), B (Categorías), C (Dosis de NaOH), A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH) y B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH), no presentó diferencia significativa para esta variable.

**Tabla 19**

*Análisis de varianza para la variable rendimiento (%) obtenido con el papel elaborado de fibra de abacá*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	32,2009	2	16,1005	1,41	0,2579
B: Categorías	34,9469	2	17,4734	1,53	0,2308
C: Dosis de NaOH	339,98	1	339,98	29,79	0,0000*
R: Repetición	9,76562	2	4,88281	0,43	0,6554
AB	122,211	4	30,5528	2,68	0,0483*
AC	108,877	2	54,4386	4,77	0,0149*
BC	7,29452	2	3,64726	0,32	0,7286
ABC	126,61	4	31,6524	2,77	0,0426*
RESIDUOS	388,022	34	11,4124		
TOTAL	1169,91	53			

En el análisis de varianza de la tabla 19 para la variable rendimiento, se puede observar que existe diferencia significativa en el: Factor C (Dosis de NaOH) y en las interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías), A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH). Por otra parte, los factores: A (Variedades de abacá) y B (Categorías) y la interacción B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH), no presentó diferencia significativa para esta variable.

**Tabla 20**

*Análisis de varianza para la variable resistencia al rasgado (N) del papel obtenido de fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	95,0833	2	47,5417	0,66	0,5243
B: Categorías	3675,58	2	1837,79	25,44	0,0000*
C: Dosis de NaOH	80,6667	1	80,6667	1,12	0,2981
R: Repetición	21,7778	2	10,8889	0,15	0,8607
AB	1399,67	4	349,917	4,84	0,0034*
AC	1862,58	2	931,292	12,89	0,0001*
BC	45,5833	2	22,7917	0,32	0,7315
ABC	859,667	4	214,917	2,97	0,0329*
RESIDUOS	2456,22	34	72,2418		
TOTAL	10496,8	53			

En el análisis de varianza de la tabla 20 para la variable resistencia al rasgado, se puede observar que existe diferencia significativa en el: Factor B (Categorías) y en las interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías), A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH). Por otra parte, los factores: A (Variedades de abacá) y C (Dosis de NaOH) y la interacción B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH), no presentó diferencia significativa para esta variable.



**Análisis de varianza para las variables químicas del papel de abacá.**

**Tabla 21**

*Análisis de varianza para la variable cenizas (%) obtenidas del papel elaborado con fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	0,310278	2	0,155139	0,16	0,8543
B: Categorías	4,64361	2	2,32181	2,37	0,1089
C: Dosis de NaOH	0,18963	1	0,18963	0,19	0,6628
R: Repetición	2,52778	2	1,26389	1,29	0,2886
AB	5,68861	4	1,42215	1,45	0,2387
AC	0,261204	2	0,130602	0,13	0,8757
BC	0,811204	2	0,405602	0,41	0,6644
ABC	3,43213	4	0,858032	0,88	0,4889
RESIDUOS	33,3289	34	0,980261		
TOTAL	51,1933	53			

En el análisis de varianza de la tabla 21 para la variable ceniza, se puede observar que en los factores A (Variedades de abacá), B (Categorías) y C (Dosis de NaOH); y en las interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías), A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH), B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH), no presentó ningún valor de diferencia significativa para esta variable.

**Tabla 22**

*Análisis de varianza para la variable pH del papel elaborado con fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	0,022237	2	0,0111185	0,93	0,4061
B: Categorías	0,015737	2	0,00786852	0,65	0,5259
C: Dosis de NaOH	0,0816667	1	0,0816667	6,8	0,0135*
R: Repetición	0,0187704	2	0,00938519	0,78	0,4659
AB	0,0355741	4	0,00889352	0,74	0,5712
AC	0,108978	2	0,0544889	4,54	0,018*
BC	0,0452778	2	0,0226389	1,88	0,1675
ABC	0,0401444	4	0,0100361	0,84	0,5123
RESIDUOS	0,408496	34	0,0120146		
TOTAL	0,776881	53			

En el análisis de varianza de la tabla 22 para la variable pH del papel, se puede observar que existe diferencia significativa en el: Factor C (Dosis de NaOH) y la interacción A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH). Por otra parte, los factores: A (Variedades de abacá) y B (Categorías); interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías), B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH), no presentó diferencia significativa para esta variable.

**Tabla 23**

*Análisis de varianza para la variable humedad (%) del papel elaborado con fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	62,2246	2	31,1123	27,21	0,0000*
B: Categorías	14,6261	2	7,31304	6,4	0,0044*
C: Dosis de NaOH	0,142091	1	0,142091	0,12	0,7266
R: Repetición	3,25769	2	1,62885	1,42	0,2547
AB	28,3949	4	7,09871	6,21	0,0007*
AC	8,08234	2	4,04117	3,53	0,0403*
BC	1,18738	2	0,593691	0,52	0,5997
ABC	3,46241	4	0,865602	0,76	0,5605
RESIDUOS	38,8802	34	1,14353		
TOTAL	160,258	53			

En el análisis de varianza de la tabla 23 para la variable humedad del papel, se puede observar que existe diferencia significativa en el: Factor A (Variedades de abacá) y B (Categorías) y en las interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías) y A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH). Por otra parte, el Factor C (Dosis de NaOH) y las interacciones B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH), no presentó diferencia significativa para esta variable.

**Tabla 24**

*Análisis de varianza para la variable fibra (%) del papel elaborado con fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	1581,02	2	790,509	6,93	0,003*
B: Categorías	113,051	2	56,5256	0,5	0,6134
C: Dosis de NaOH	2,92136	1	2,92136	0,03	0,8738
R: Repetición	147,415	2	73,7073	0,65	0,5302
AB	623,638	4	155,91	1,37	0,2657
AC	339,173	2	169,586	1,49	0,2403
BC	205,693	2	102,846	0,9	0,4152
ABC	943,652	4	235,913	2,07	0,1066
RESIDUOS	3876,45	34	114,013		
TOTAL	7833,01	53			

En el análisis de varianza de la tabla 24 para la variable fibra del papel, se puede observar que existe diferencia significativa solo en el Factor A (Variedades de abacá). Por otra parte, en los factores B (Categorías) y C (Dosis de NaOH); interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías), A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH), B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH), no presentó diferencia significativa para esta variable.

**Análisis de varianza para las variables ópticas del papel de abacá.**

**Tabla 25**

*Análisis de varianza para la variable color del papel elaborado con fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	0,165833	2	0,0829167	1,07	0,3539
B: Categorías	70,3258	2	35,1629	454,19	0,0000*
C: Dosis de NaOH	0,00166667	1	0,00166667	0,02	0,8842
R: Repetición	0,0177778	2	0,00888889	0,11	0,8919
AB	1,14167	4	0,285417	3,69	0,0134*
AC	0,855833	2	0,427917	5,53	0,0083*
BC	1,46083	2	0,730417	9,43	0,0006*
ABC	1,49167	4	0,372917	4,82	0,0035*
RESIDUOS	2,63222	34	0,0774183		
TOTAL	78,0933	53			

Como se observa en la tabla 25 de la variable color del papel, luego de realizar el análisis de varianza, este expresa que existe diferencia significativa en el Factor B (Categorías) y en las interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías), A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH), B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH). No presentó diferencia significativa al realizar el análisis de varianza en los factores A (Variedades de abacá) y C (Dosis de NaOH).

**Tabla 26**

*Análisis de varianza para la variable rugosidad del papel elaborado a partir de fibra de abacá.*

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Variedades de abacá	0,07	2	0,035	0,66	0,5209
B: Categorías	0,4225	2	0,21125	4,01	0,0273*
C: Dosis de NaOH	3,22667	1	3,22667	61,29	0,0000*
R: Repetición	0,16	2	0,08	1,52	0,2333
AB	2,8	4	0,7	13,3	0,0000*
AC	1,45333	2	0,726667	13,8	0,0000*
BC	1,46083	2	0,730417	13,87	0,0000*
ABC	0,586667	4	0,146667	2,79	0,042*
RESIDUOS	1,79	34	0,0526471		
TOTAL	11,97	53			

Al realizar el análisis de varianza en la variable rugosidad o textura del papel, como se observa en la tabla 26, existió diferencia significativa para los factores B (Categorías) y C (Dosis de NaOH); en las interacciones A\*B (Variedades de abacá \* Categorías), A\*C (Variedades de abacá \* Dosis de NaOH), B\*C (Categorías \* Dosis de NaOH) y A\*B\*C (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH). El Factor A (Variedades de abacá), no presentó diferencia significativa al realizar el análisis de varianza.

## Resultados del análisis Tukey ( $p < 0,05$ )

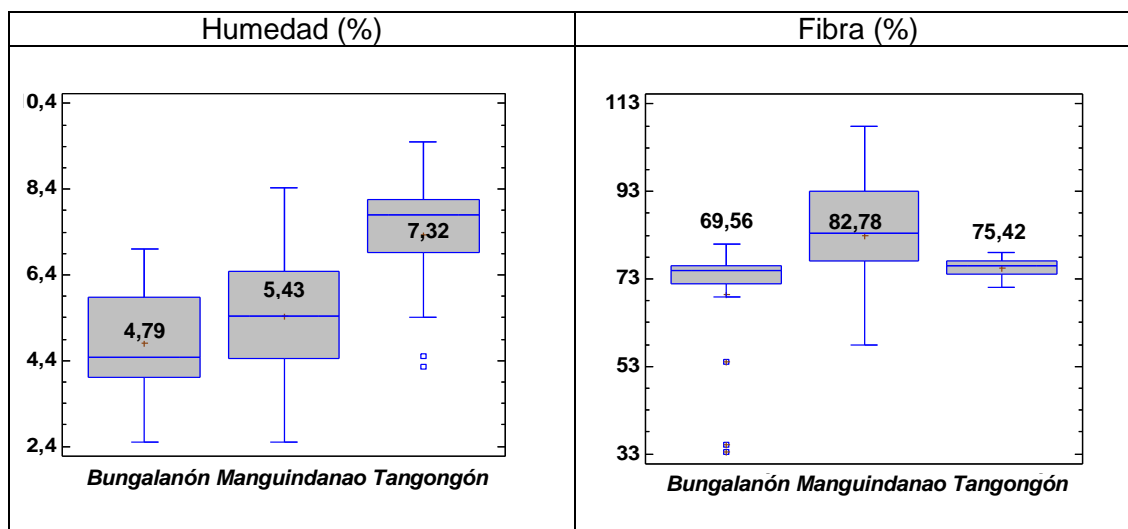
### Resultados del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variedades (factor A).

**Tabla 27**

Resultados del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) del estudio variedades de abacá (factor A).

Factor A	Humedad	Fibra
A1 <i>Bungalanón</i>	4,79±0,25 (A)	69,56±2,51 (A)
A2 <i>Manguindanao</i>	5,43±0,25 (A)	82,78±2,51 (B)
A3 <i>Tangongón</i>	7,32±0,25 (B)	75,42±2,51 (AB)

**Figura 3** Efecto del estudio de tres variedades de abacá (factor A), sobre las variables humedad (%) y fibra (%).



En la figura 3 se observa los resultados de las tres variedades de abacá (Factor A), donde las propiedades químicas del papel presentan diferencias significativas en el análisis Tukey ( $p < 0,05$ ), de las variables humedad (%) y fibra (%).

Para la variable humedad (%) del Factor (A) se identificó un grupo B completamente independiente donde se obtuvo el valor más alto que fue la variedad *Tangongón* con el 7,32 % y seguido con valores inferiores por el grupo A se obtuvo dos valores de las variedades *Bungalanón* con el 4,79 % y *Manguindanao* con el 5,43 %.

En la variable fibra (%) del Factor (A) se identificó un grupo B completamente independiente donde se obtuvo el valor más alto que fue la variedad *Manguindanao* con el 82,78 % y seguido con valores inferiores por el grupo AB se obtuvo de la variedad *Tangongón* el 75,42 % y por el grupo A de la variedad *Bungalanón* el 69,56 %. Con respecto a las variables Espesor, Gramaje, Densidad Aparente, Rendimiento, Resistencia, Cenizas, pH, Color y Rugosidad, no se encontró diferencias significativas para el (Factor A) variedades de abacá.

### **Resultados del análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las categorías (factor B)**

**Tabla 28**

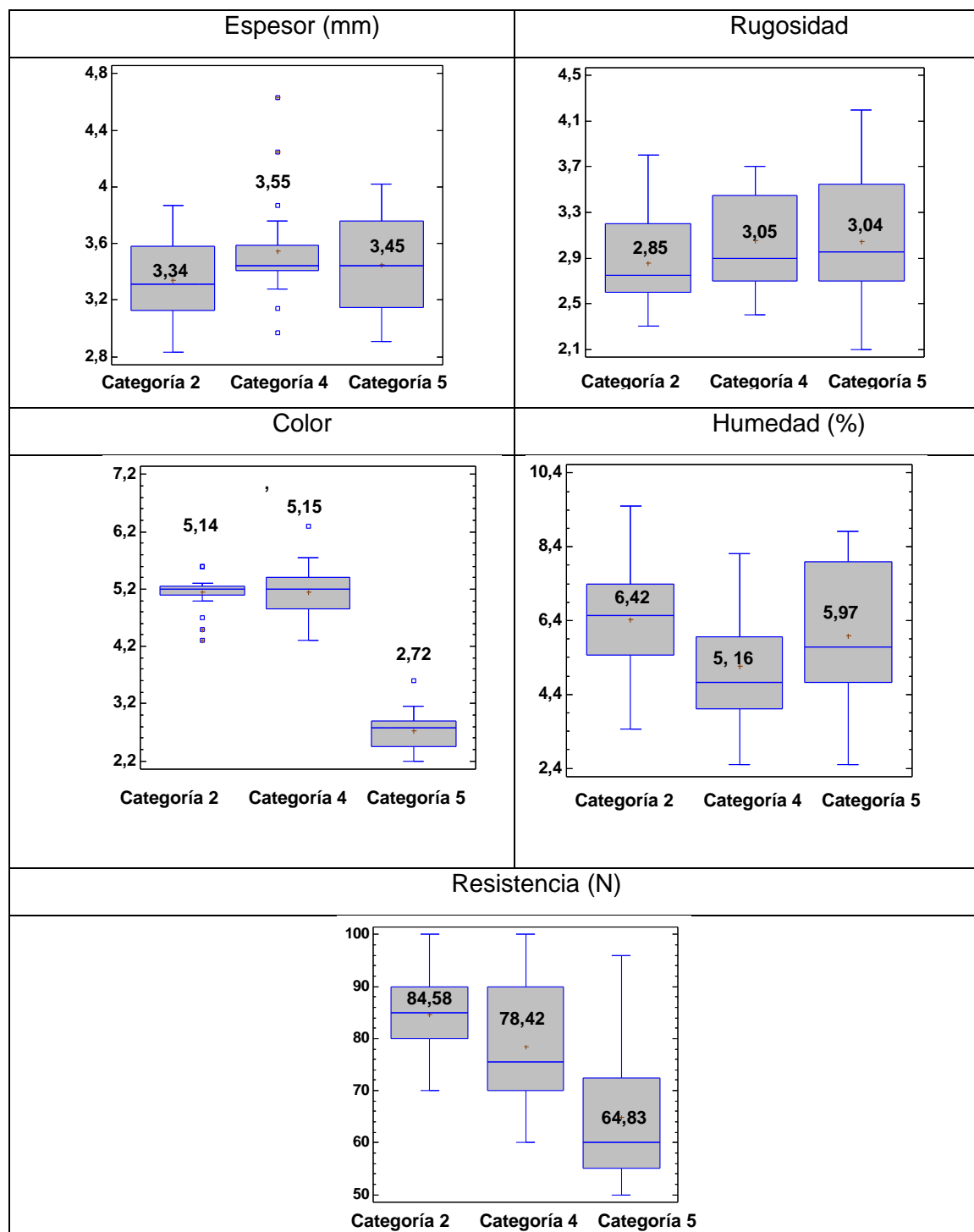
*Resultados del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) del estudio categorías (factor B).*

Factor B	Espeor	Rugosidad	Color	Humedad	Resistencia
B1 Categoría 2	3,34±0,05 (A)	2,85±0,05 (A)	5,14±0,65(B)	6,42±0,25 (B)	84,58±2,00 (B)
B2 Categoría 4	3,55±0,05 (B)	3,05±0,05 (B)	5,15±0,04 (B)	5,16±0,25 (A)	78,42±2,00 (B)
B3 Categoría 5	3,45±0,05 (AB)	3,04±0,05 (AB)	2,72±0,06(A)	5,97±0,25 (AB)	64,83±2,00 (A)



Figura 4

Efecto del estudio de tres categorías de abacá (factor B), sobre las variables espesor (mm), rugosidad, color, humedad, resistencia.



En la figura 4 se observa los resultados conseguidos en tres categorías de abacá (Factor B), de las variables espesor (mm), rugosidad, color, humedad (%) y resistencia (N).

Para la variable espesor (mm) del Factor (B) se identificó un grupo B completamente independiente donde se obtuvo el valor más alto en la categoría 4 con 3,55 (mm) y seguido con valores inferiores por el grupo AB se obtuvo de la categoría 5 un valor de 3,45 (mm) y por el grupo A de la categoría 2 con un valor de 3,34 (mm).

Para la variable rugosidad del Factor (B) se identificó un grupo B completamente independiente donde se obtuvo el valor más alto en la categoría 4 con una media de 3,05 es decir, ligeramente rugoso y seguido con valores inferiores por el grupo AB se obtuvo de la categoría 5 un valor de 3,04 es decir, ligeramente rugoso y por el grupo A de la categoría 2 con un valor de 2,85 es decir, rugoso.

Para la variable color del Factor (B) se identificó dos grupos B completamente independientes donde se obtuvo el valor más alto en las categorías 2 y 4 con medias de 5,14 y 5,15 es decir, ligeramente beige perla y seguido con un valor inferior por el grupo A se obtuvo de la categoría 5 un valor de 2,72 es decir, castaño.

Para la variable humedad (%) del Factor (B) se identificó un grupo B completamente independiente donde se obtuvo el valor más alto en la categoría 2 con el 6,42 % y seguido con valores inferiores por el grupo AB se obtuvo de la categoría 5 un valor de 5,97 % y por el grupo A de la categoría 4 con un valor de 5,16 %.

Para la variable resistencia (N) del Factor (B) se identificó dos grupos B completamente independientes donde se obtuvo el valor más alto en las categorías 2 y 4 con medias de 84,58 (N) y 78,42 (N) y seguido con un valor inferior por el grupo A se obtuvo de la categoría 5 un valor de 64,83 (N). Con respecto a las variables Gramaje

(g/m<sup>2</sup>), Densidad Aparente (g/cm<sup>3</sup>), Rendimiento (%), Cenizas (%), pH y Fibra (%), no se encontró diferencias significativas para el (factor B) categorías ya que su valor-P no fue ( $p < 0,05$ ).

**Resultados del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las dosis de NaOH (factor C)**

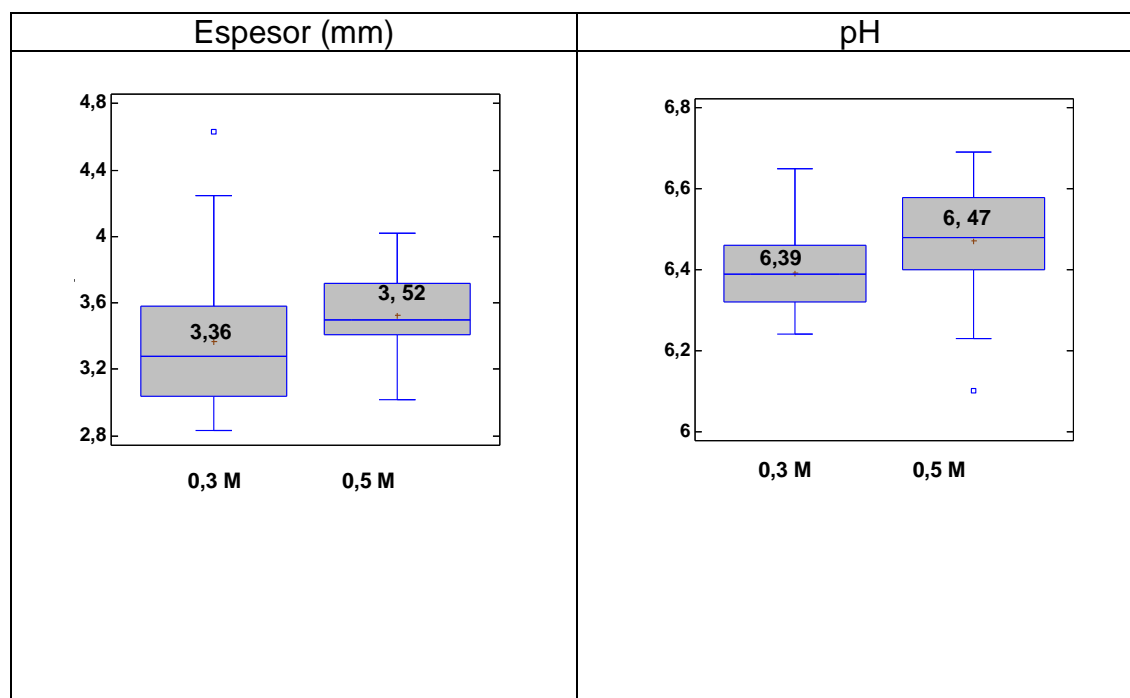
**Tabla 29**

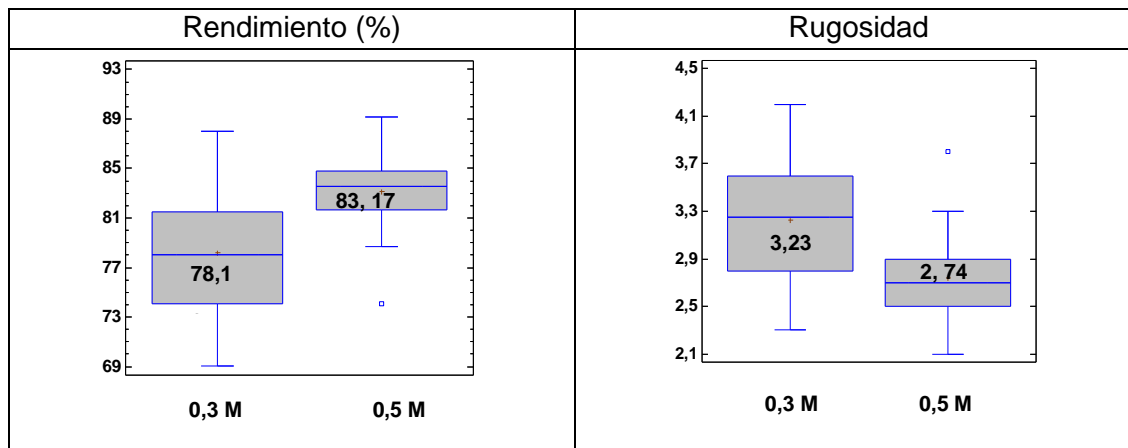
*Resultados del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las dosis de NaOH (factor C).*

	Factor C	Espesor	pH	Rendimiento	Rugosidad
C1	0,3 M	3,36±0,04 (A)	6,39±0,02 (A)	78,16±0,06 (A)	3,23±0,44 (B)
C2	0,5 M	3,52±0,04 (B)	6,47±0,02 (B)	83,17±0,06 (B)	2,74±0,44 (A)

**Figura 5**

*Efecto del estudio de dos dosis de NaOH (factor C), sobre las variables espesor (mm), pH, rendimiento y rugosidad.*





En la figura 5 se observa los resultados conseguidos en dos dosis de NaOH del (Factor C), de las variables espesor (mm), pH, rendimiento (%) y rugosidad.

Para la variable espesor (mm) del Factor (C) se identificó un grupo B completamente independiente, donde se obtuvo el valor más alto en la dosis 0,5 M con una media de 3,52 (mm) y seguido por un valor inferior por el grupo A en la dosis 0,3 M con el 3,36 (mm).

Para la variable pH del Factor (C) se identificó un grupo B completamente independiente, donde se obtuvo el valor más alto en la dosis 0,5 M con una media de 6,47 y seguido por un valor inferior por el grupo A en la dosis 0,3 M con el 6,39.

Para la variable rendimiento del Factor (C) se identificó un grupo B completamente independiente, donde se obtuvo el valor más alto en la dosis 0,5 M con una media de 83,17 % y seguido por un valor inferior por el grupo A en la dosis 0,3 M con el 78,16 %.

Para la variable rugosidad del Factor (C) se identificó un grupo B completamente independiente, donde se obtuvo el valor más alto en la dosis 0,3 M con una media de

3,23 es decir, ligeramente rugosos y seguido por un valor inferior por el grupo A en la dosis 0,5 M con el 2,74 es decir, rugoso acercándose a ligeramente rugoso.

Con respecto a las variables Gramaje ( $\text{g/m}^2$ ), Densidad Aparente ( $\text{g/cm}^3$ ), Resistencia (N), Cenizas (%), Humedad (%), Fibra (%) y Color, no se encontró diferencias significativas para el (Factor C) Dosis de NaOH por tener un valor-P mayor a ( $p < 0,05$ ).

### **Resultados de la interacción B\*C (Categorías\*Dosis de NaOH).**

**Tabla 30**

*Resultados de la interacción B\*C (Categorías\*Dosis de NaOH) del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variables.*

	Factor B	Factor C	Rugosidad	Espesor	Color	Gramaje
1.1	Categoría 2	0,3 M	2,92 (B)	3,11 (A)	5,35 (C)	812,50 (A)
2.1	Categoría 4	0,3 M	3,26 (C)	3,65 (AB)	5,11 (BC)	893,23 (A)
3.1	Categoría 5	0,3 M	3,50 (C)	3,34 (B)	2,53 (A)	827,08 (A)
1.2	Categoría 2	0,5 M	2,80 (AB)	3,56 (B)	4,93 (B)	886,71 (A)
2.2	Categoría 4	0,5 M	2,83 (AB)	3,44 (B)	2,18 (A)	835,67 (A)
3.2	Categoría 5	0,5 M	2,58 (A)	3,55 (B)	2,91 (A)	812,50 (A)

En la tabla 30 se observan los resultados de las variables gramaje ( $\text{g/m}^2$ ), espesor (mm) correspondientes a las variables físicas del papel y color, rugosidad que corresponden a las variables ópticas para la elaboración de papel blanco.

Para la variable espesor (mm), se obtuvo un valor más alto en el grupo AB con 3,65 (mm) de espesor correspondiente a la (Categoría 4 \* 0,3 M), por otro lado, las interacciones más bajas se vieron en el grupo A con 3,11 (mm) correspondiente a la (Categoría 2 \* 0,3 M).

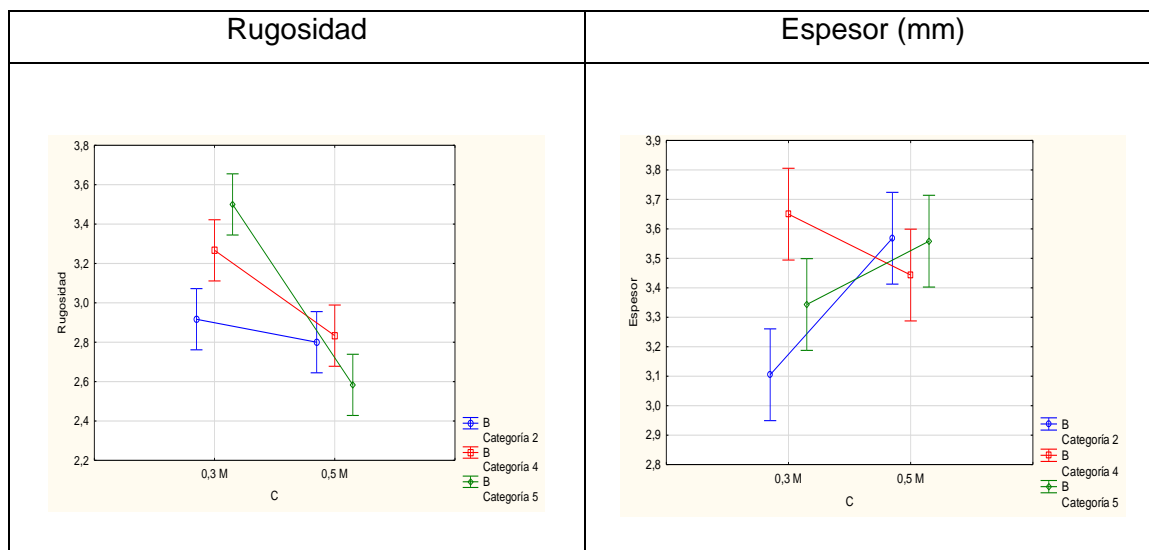
En la variable gramaje ( $\text{g/m}^2$ ), se obtuvo que todas pertenecen al grupo A, el valor más alto de la interacción corresponde a la (Categoría 4 \* 0,3 M) con 893,23, por otro lado, la categoría 2 con 812,50 ( $\text{g/m}^2$ ) y la (Categoría 5 \* 0,5 M) con 812,50 ( $\text{g/m}^2$ ) son las más bajas de la interacción.

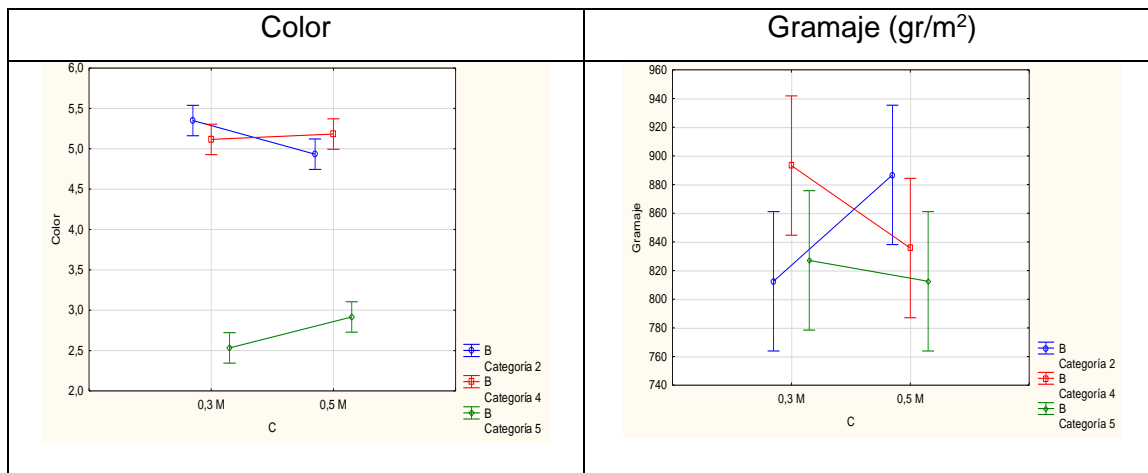
En la variable rugosidad, se obtuvo que el valor más alto estuvo en el grupo C con una rugosidad de 3,50 es decir, ligeramente rugoso correspondiente a la (Categoría 5 \* 0,3 M), por otro lado, la interacción más baja corresponde al grupo A con 2,58, es decir rugoso y se aproxima a ligeramente rugoso correspondiente a la (Categoría 5 \* 0,5 M).

En la variable color, se obtuvo que el valor más alto de la interacción corresponde al grupo C con 5,35 es decir, ligeramente beige perla correspondiente a la (Categoría 2 \* 0,3 M), y el valor más bajo se identificó en el grupo A con 2,18 es decir, castaño correspondiente a la (Categoría 4 \* 0,5 M).

**Figura 6**

*Interacción (B\*C) (Categorías\*Dosis de NaOH) para las variables.*





En la figura 6 se observan las interacciones significativas (B\*C) del análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) para las variables físicas gramaje ( $\text{g/m}^2$ ), espesor (mm) y las variables ópticas color y rugosidad del proceso de estudio de la extracción de celulosa.

De los resultados de la interacción (B\*C), de las variables para las propiedades físicas no se encontró diferencia significativa en rendimiento (%) ya que tuvo un valor-P de 0,73 en densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) de 0,76, resistencia (N) de 0,73 y de las propiedades químicas el pH de 0,17, ceniza (%) de 0,66, humedad (%) de 0,60 y fibra (%) de 0,42 siendo superiores al ( $p < 0,05$ ), demostrando que los tratamientos probados en las tres categorías y las dosis de estudio son muy similares para obtener el papel de celulosa con un efecto estadístico del 95% de confianza.

**Resultados de la interacción A\*C (Variedades de abacá\*Dosis de NaOH)**

**Tabla 31**

*Resultados de la interacción A\*C (Variedades de abacá\*Dosis de NaOH) del Análisis*

*Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variables.*

	Factor A	Factor C	Color	Humedad	Rendimiento	pH	Resistencia	Rugosidad
1.1	<i>Bungalanón</i>	0,3 M	4,15 (A)	5,02 (A)	75,90 (A)	6,41 (AB)	69,33 (A)	3,30 (CD)
2.1	<i>Manguindanao</i>	0,3 M	4,56 (B)	5,84 (AB)	81,12 (BC)	6,35 (A)	77,00 (ABC)	3,38 (D)
3.1	<i>Tangongón</i>	0,3 M	4,28 (AB)	6,84 (BC)	77,45 (AB)	6,40 (A)	85,16 (C)	3,00 (BC)
1.2	<i>Bungalanón</i>	0,5 M	4,26 (AB)	4,56 (A)	83,86 (C)	6,41 (AB)	82,5 (BC)	2,76 (AB)
2.2	<i>Manguindanao</i>	0,5 M	4,46 (AB)	5,02 (A)	82,31 (C)	6,65 (B)	71,66 (AB)	2,51 (A)
3.2	<i>Tangongón</i>	0,5 M	4,30 (AB)	7,81 (C)	83,36 (C)	6,43 (AB)	70,00 (A)	2,93 (B)

En la tabla 31 se muestran los resultados de las variables color y rugosidad pertenecientes a las propiedades ópticas, humedad (%), pH correspondientes a las propiedades químicas y rendimiento (%), resistencia (N) que pertenecen a las propiedades físicas correspondientes al estudio del papel de abacá.

Para la variable color se obtuvo que el valor más alto pertenece al grupo B con 4,56 es decir, ligeramente beige claro y se acerca a ligeramente beige perla correspondiente a la interacción (*Manguindanao* \* 0,3 M), mientras que el valor más bajo corresponde al grupo A con 4,15 es decir ligeramente beige claro que corresponde a la interacción (*Bungalanón* \* 0,3 M).

Respecto a la rugosidad se obtuvo que el valor más alto corresponde al grupo D con 3,38 es decir, ligeramente rugoso correspondiente a la interacción (*Manguindanao* \* 0,3 M), mientras que el valor más bajo lo obtuvo el grupo A con 2,51, es decir rugoso y se aproxima a ligeramente rugoso para la interacción (*Manguindanao* \* 0,5 M).

En la variable pH se obtuvo que el valor más alto pertenece al grupo B con 6,65 correspondiente a la interacción (*Manguindanao* \* 0,5 M) mientras que el valor más bajo



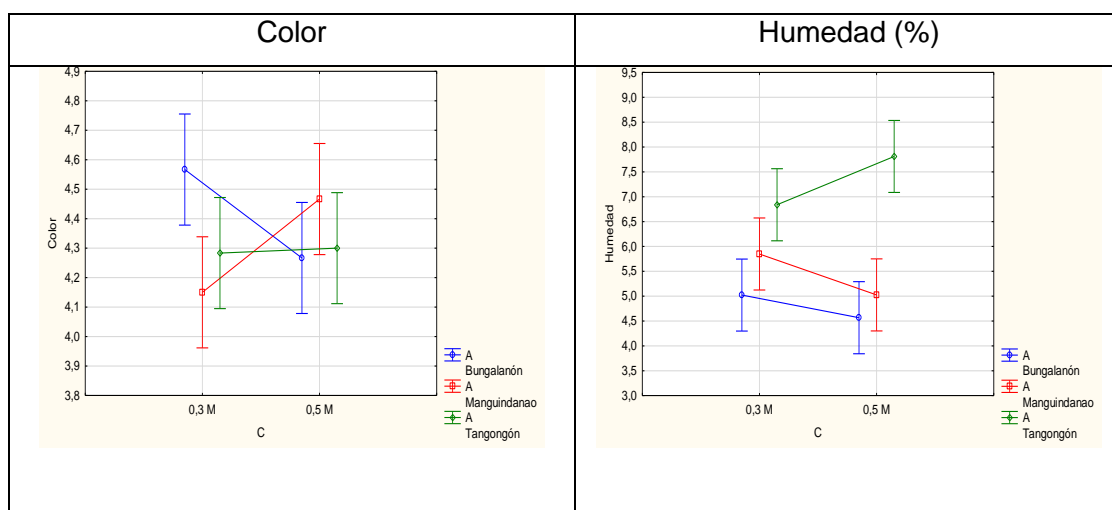
se obtuvo en el grupo A con 6,35 correspondiente a la interacción (*Manguindanao* \* 0,3 M).

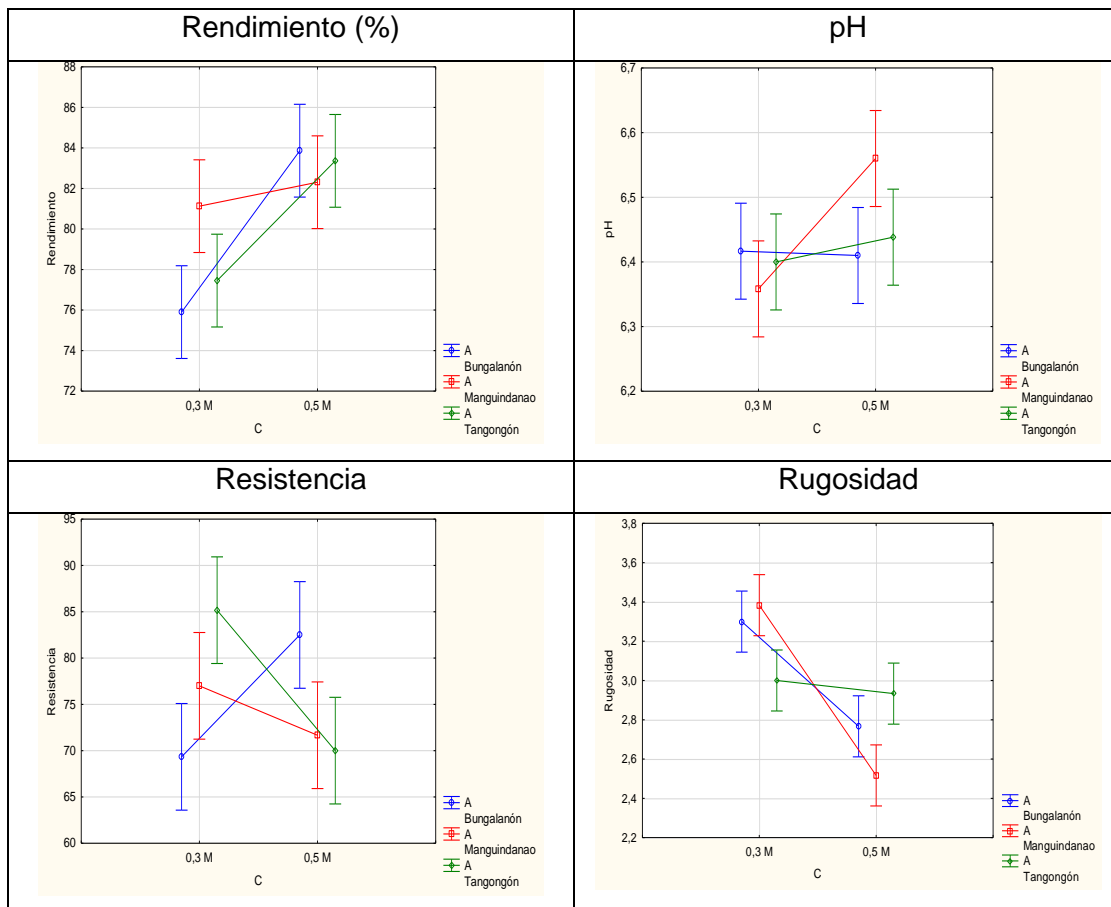
En la variable humedad (%) se obtuvo que el valor más alto corresponde al grupo C con 7,81 % correspondiente a la interacción (*Tangongón* \* 0,5 M), mientras que el valor más bajo corresponde al grupo A con el valor 5,02 % correspondiente a las interacciones (*Bungalanón* \* 0,3 M) y (*Manguindanao* \* 0,5 M), ya que ambas comparten grupo y porcentaje de humedad.

En la variable rendimiento se obtuvo que el valor más alto corresponde al grupo C con 83,86 % correspondiente a la interacción (*Bungalanón* \* 0,5 M), mientras que el valor más bajo se obtuvo en el grupo A con 75,90 % correspondiente a la interacción (*Bungalanón* \* 0,3 M). En la variable resistencia (N) se obtuvo que el valor mayor corresponde al grupo C con 85,16 (N) correspondiente a la interacción (*Tangongón* \* 0,3 M), mientras que el valor más bajo corresponde al grupo A con 69,33 (N) correspondiente a la interacción (*Bungalanón* \* 0,3 M).

### Figura 7

Interacción (A\*C) (Variedades de abacá\*Dosis de NaOH) para las variables.





En la figura 7 se observan las interacciones significativas (A\*C) del análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) para las propiedades físicas rendimiento (%) y resistencia (N), propiedades químicas humedad (%) y pH y para las propiedades ópticas color y rugosidad del proceso de extracción de celulosa de abacá.

De los resultados de la interacción (A\*C), de las variables para las propiedades físicas no se encontró diferencia significativa en por que su valor-P para gramaje ( $\text{g/m}^2$ ) es 0,12, espesor (mm) tiene 0,43 densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) tiene 0,28 y en las propiedades químicas su valor-P es para ceniza (%) es de 0,88, fibra (%) tiene 0,24 siendo superiores al ( $p < 0,05$ ), demostrando que los tratamientos probados en las tres

categorías y las dosis de estudio son muy similares para obtener el papel de celulosa con un efecto estadístico del 95% de confianza.

**Resultados de la interacción A\*B (Variedades de abacá\* Categorías).**

**Tabla 32**

*Resultados de la interacción A\*B (Variedades de abacá\* Categorías) del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variables.*

Factor A	Factor B	Color	Humedad	Gramaje	Densidad
1.1 <i>Bungalanón</i>	Categoría 2	5,35 (B)	5,24 (AB)	885,15 (AB)	0,26 (BC)
2.1 <i>Manguindanao</i>	Categoría 2	4,87 (B)	6,99 (BC)	870,31 (AB)	0,26 (BC)
3.1 <i>Tangongón</i>	Categoría 2	5,20 (B)	7,02 (BC)	793,25 (AB)	0,24 (ABC)
1.2 <i>Bungalanón</i>	Categoría 4	5,02 (B)	3,67 (A)	895,31 (B)	0,26 (BC)
2.2 <i>Manguindanao</i>	Categoría 4	5,35 (B)	5,08 (AB)	857,03 (AB)	0,22 (AB)
3.2 <i>Tangongón</i>	Categoría 4	5,07 (B)	6,72 (BC)	896,09 (B)	0,25 (ABC)
1.3 <i>Bungalanón</i>	Categoría 5	2,87 (A)	5,47 (AB)	756,25 (A)	0,20 (A)
2.3 <i>Manguindanao</i>	Categoría 5	2,70 (A)	4,23 (A)	841,01 (AB)	0,27 (C)
3.3 <i>Tangongón</i>	Categoría 5	2,60 (A)	8,22 (C)	807,03 (AB)	0,24 (ABC)

Factor A	Factor B	Resistencia	Rugosidad	Rendimiento	Espesor
1.1 <i>Bungalanón</i>	Categoría 2	80,00 (C)	2,60 (A)	78,05 (A)	3,39 (AB)
2.1 <i>Manguindanao</i>	Categoría 2	87,50 (C)	2,70 (AB)	82,83 (A)	3,27 (A)
3.1 <i>Tangongón</i>	Categoría 2	86,25 (C)	3,27 (DE)	78,34 (A)	3,34 (AB)
1.2 <i>Bungalanón</i>	Categoría 4	84,00 (C)	3,32 (E)	79,97 (A)	3,36 (AB)
2.2 <i>Manguindanao</i>	Categoría 4	78,75 (BC)	3,07 (BCDE)	82,36 (A)	3,71 (C)
3.2 <i>Tangongón</i>	Categoría 4	56,75 (A)	2,75 (ABC)	79,35 (A)	3,36 (AB)
1.3 <i>Bungalanón</i>	Categoría 5	63,75 (AB)	3,17 (CDE)	81,61 (A)	3,71 (BC)
2.3 <i>Manguindanao</i>	Categoría 5	72,50 (BC)	3,07 (BCDE)	79,96 (A)	3,27 (A)
3.3 <i>Tangongón</i>	Categoría 5	74,00 (ABC)	2,87 (ABCD)	83,53 (A)	3,37 (AB)

En la tabla 32 se observan los resultados de la interacción A\*B de las variables: color, humedad (%), gramaje ( $\text{gr}/\text{m}^2$ ), densidad aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), resistencia al rasgado (N), rugosidad, rendimiento (%), espesor (mm), para la elaboración de papel de abacá.

Para la variable color se obtuvo los valores más altos en el grupo B, el cual dentro de este grupo el valor que más se destacó como superior fueron las siguientes

interacciones la de (*Bungalanón* \* Categoría 2) y la de (*Manguindanao* \* Categoría 4) con el valor de 5,35, correspondiente al color ligeramente beige perla, por otro lado, se obtuvo los valores más bajos en el grupo A de la interacción (*Tangongón* \* Categoría 5) con el 2,60 que se aproximó al color marrón cereza siendo el más inferior para este grupo.

Para la variable humedad se obtuvo el valor más alto en el grupo C, que fue de 8,22 % para la interacción de (*Tangongón* \* Categoría 5), por otro lado, se obtuvo los valores más bajos en el grupo A de la interacción (*Bungalanón* \* Categoría 4) con el 3,67%.

Para la variable gramaje se obtuvo el valor más alto en el grupo B, que fue de 896,09 (g/m<sup>2</sup>) para la interacción de (*Tangongón* \* Categoría 4), por otro lado, se obtuvo el valor más bajo en el grupo A de la interacción (*Bungalanón* \* Categoría 5) con el 756,25 (g/m<sup>2</sup>).

Para la variable densidad se obtuvo el valor más alto en el grupo C, que fue de 0,27 (g/cm<sup>3</sup>) para la interacción de (*Manguindanao* \* Categoría 5), por otro lado, se obtuvo el valor más bajo en el grupo A de la interacción (*Bungalanón* \* Categoría 5) con el 0,20 (g/cm<sup>3</sup>).

Para la variable resistencia al rasgado se obtuvo el valor más alto en el grupo C, que fue de 87,50 (N) para la interacción de (*Manguindanao* \* Categoría 2), por otro lado, se obtuvo el valor más bajo en el grupo A de la interacción (*Tangongón* \* Categoría 4) con el 56,75 (N).

Para la variable rugosidad se obtuvo el valor más alto en el grupo E, que fue de 3,32 para la interacción de (*Bungalanón* \* Categoría 4), por otro lado, se obtuvo los

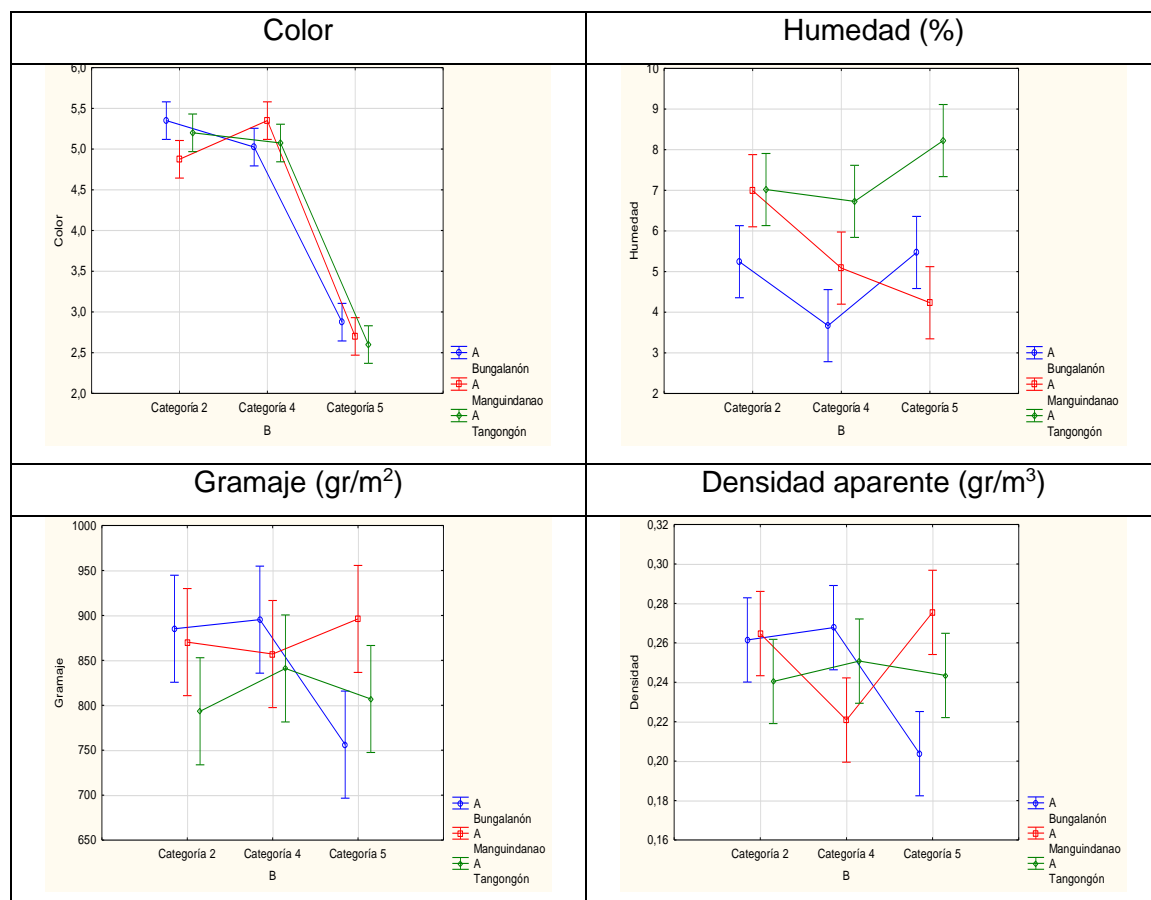
valores más bajos en el grupo A de la interacción (*Bungalanón* \* Categoría 2) con el 2,60.

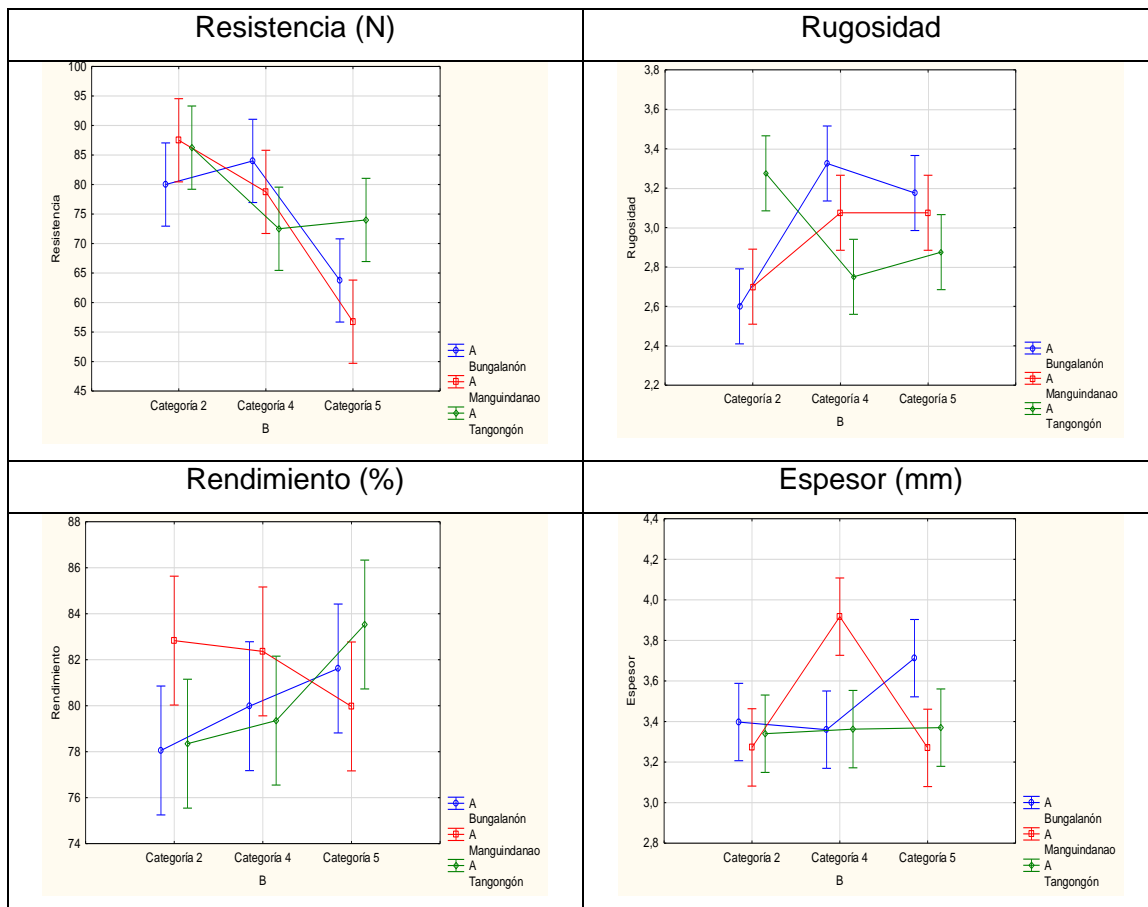
En la variable rendimiento los valores que se obtuvo fueron del grupo A, donde uno de ellos fue el más superior siendo la interacción (*Tangongón* \* Categoría 5) con un valor con mayor rendimiento de 83,53 %.

Para la variable espesor se obtuvo el valor más alto en el grupo C con el 3,71 (mm) correspondiente al (*Manguindanao* \* Categoría 4), por otro lado, se obtuvo el valor más inferior en el grupo A (*Manguindanao* \* Categoría 5) con el 3,27 (mm).

**Figura 8**

*Interacción (A\*B) (Variedades de abacá\* Categorías) para las variables.*





En la figura 8 se observan las interacciones significativas para A\*B (Variedades de abacá \* Categorías) del análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) para las variables físicas como espesor (mm), gramaje ( $\text{gr}/\text{m}^2$ ), densidad aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), resistencia al rasgado (N), rendimiento (%); variables ópticas como color y rugosidad; y la variable química humedad (%) del proceso de extracción de celulosa de abacá.

Dentro de los resultados de la interacción (A\*B) de las variables químicas como: ceniza (%), pH, y fibra (%) no se encontró diferencias significativas, los valores encontrados en el análisis de varianza fueron de un valor-P en ceniza del 0,24; en pH fue de 0,57; y en fibra de 0,27 siendo superiores al ( $p < 0,05$ ), demostrando que los tratamientos probados en distintas variedades de abacá, categorías y dosis de NaOH

son muy similares para la elaboración de papel abacá, con un efecto estadístico del 95% de nivel de confianza; con una gran aceptación en los datos y normalidad en cada una de las tres repeticiones probadas para cada tratamiento.

**Resultados de la interacción A\*B\*C (Variedades de abacá\*Categorías\*Dosis de NaOH) del Análisis Tukey ( $p<0,05$ ) de las variables.**

**Tabla 33**

*Resultados de la interacción A\*B\*C del Análisis Tukey ( $p<0,05$ ) de las variables físicas.*

Variedad	Categoría	Dosis	Espeor	Gramaje	Densidad	Resistencia	Rendimiento
Bungalanón	Categoría 2	0,3 M	3,29 (AB)	875,00 (ABC)	0,27 (ABCD)	80,00 (ABCDE)	71,38 (A)
Manguindanao	Categoría 2	0,3 M	2,99 (A)	744,53 (AB)	0,25 (ABCD)	90,00 (DE)	81,52 (ABC)
Tangongón	Categoría 2	0,3 M	3,03 (A)	817,97 (ABC)	0,27 (BCD)	87,00 (DE)	77,25 (ABC)
Bungalanón	Categoría 4	0,3 M	3,27 (AB)	946,87 (BC)	0,29 (CD)	73,00 (ABCDE)	77,67 (ABC)
Manguindanao	Categoría 4	0,3 M	4,25 (C)	921,87 (ABC)	0,22 (ABC)	82,50 (BCDE)	83,02 (BC)
Tangongón	Categoría 4	0,3 M	3,42 (AB)	810,94 (ABC)	0,24 (ABCD)	80,00 (ABCDE)	74,11 (AB)
Bungalanón	Categoría 5	0,3 M	3,63 (ABC)	792,97 (ABC)	0,22 (ABC)	55,00 (A)	78,64 (ABC)
Manguindanao	Categoría 5	0,3 M	3,15 (AB)	950,00 (BC)	0,30 (D)	58,50 (AB)	78,84 (ABC)
Tangongón	Categoría 5	0,3 M	3,25 (AB)	738,28 (AB)	0,23 (ABCD)	88,00 (DE)	81,00 (ABC)
Bungalanón	Categoría 2	0,5 M	3,50 (AB)	895,31 (ABC)	0,26 (ABCD)	80,00 (ABCDE)	84,72 (C)
Manguindanao	Categoría 2	0,5 M	3,55 (ABC)	996,09 (C)	0,28 (BCD)	85,00 (CDE)	84,14 (BC)
Tangongón	Categoría 2	0,5 M	3,65 (ABC)	768,75 (AB)	0,21 (AB)	85,00 (CDE)	79,44 (ABC)
Bungalanón	Categoría 4	0,5 M	3,44 (AB)	843,75 (ABC)	0,24 (ABCD)	95,00 (E)	82,28 (BC)
Manguindanao	Categoría 4	0,5 M	3,58 (ABC)	792,19 (ABC)	0,22 (ABCD)	75,00 (ABCDE)	81,69 (ABC)
Tangongón	Categoría 4	0,5 M	3,30 (AB)	871,09 (ABC)	0,26 (ABCD)	65,00 (ABCD)	84,59 (C)
Bungalanón	Categoría 5	0,5 M	3,79 (ABC)	719,53 (A)	0,19 (A)	72,50 (ABCDE)	84,59 (C)
Manguindanao	Categoría 5	0,5 M	3,39 (AB)	842,19 (ABC)	0,25 (ABCD)	55,00 (A)	81,09 (ABC)
Tangongón	Categoría 5	0,5 M	3,49 (AB)	875,78 (ABC)	0,26 (ABCD)	60,00 (ABC)	86,05 (C)

En la tabla 33 se observan los resultados de la interacción (A\*B\*C) de las variables espesor (mm), gramaje ( $\text{gr}/\text{m}^2$ ), densidad aparente ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ), resistencia al

rasgado (N), rendimiento (%), correspondientes a las variables físicas para la elaboración de papel de abacá. Para la variable espesor (mm) se obtuvo el valor más alto en el grupo C con el 4,25 (mm) correspondiente al tratamiento T5 (*Manguindanao* \* Categoría 4 \* 0,3 M), por otro lado, se obtuvo los valores más bajos en el grupo A de los tratamientos T2 (*Manguindanao* \* Categoría 2 \* 0,3 M) con el 2,99 (mm) y T3 (*Tangongón* \* Categoría 2 \* 0,3 M) con el 3,03 (mm). En la variable gramaje (gr/m<sup>2</sup>), se obtuvo el valor más alto en el grupo C con el 996,09 correspondiente al tratamiento T11 (*Manguindanao* \* Categoría 2 \* 0,5 M), por otro lado, se obtuvo el valor más bajo en el grupo A con el 719,53 (gr/m<sup>2</sup>) en el tratamiento T16 (*Bungalanón* \* Categoría 5 \* 0,5 M).

Dentro de la variable densidad aparente (gr/m<sup>3</sup>), se obtuvo el valor más alto en el grupo D con el 0,30 correspondiente al tratamiento T8 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,3 M), por otro lado, se obtuvo el valor más bajo en el grupo A del tratamiento T16 (*Bungalanón* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con el valor de 0,19. En la variable resistencia al rasgado (N), se obtuvo el valor más alto en el grupo E con el 95,00 (N) correspondiente al tratamiento T13 (*Bungalanón* \* Categoría 4 \* 0,5 M), por otro lado, se obtuvo valores más bajos en el grupo A del tratamiento T7 (*Bungalanón* \* Categoría 5 \* 0,3 M) y T17 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con el valor de 55,00 (N) en ambos tratamientos.

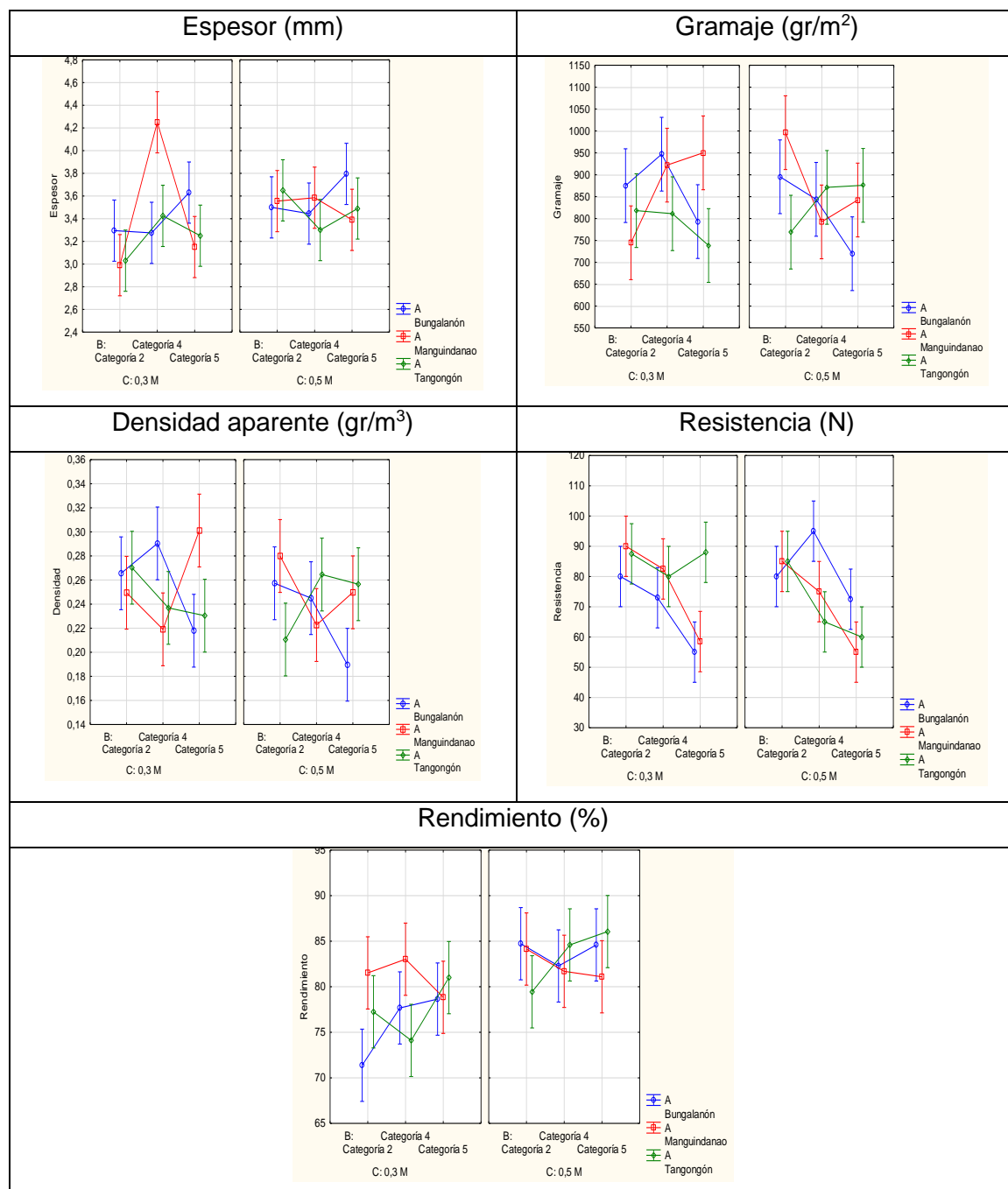
Dentro de la variable rendimiento (%) del papel, se obtuvo los valores más altos en el grupo C en los tratamientos T10 (*Bungalanón* \* Categoría 2 \* 0,5 M) con el 84,72 %; T15 (*Tangongón* \* Categoría 4 \* 0,5 M) y T16 (*Bungalanón* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con el 84,59 % en ambos tratamientos y el T18 con el 86,05 % por otro lado, se obtuvo el valor más bajo en el grupo A del tratamiento T1 (*Bungalanón* \* Categoría 2 \* 0,3 M).



**Interacciones significativas (A\*B\*C) del proceso de extracción de celulosa de abacá para las variables físicas.**

**Figura 9**

*Interacción (A\*B\*C) para las variables físicas.*



En la figura 9 se observan las interacciones significativas (A\*B\*C) del análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) para las variables físicas espesor (mm), gramaje ( $\text{gr/m}^2$ ), densidad aparente ( $\text{gr/cm}^3$ ), resistencia al rasgado (N), rendimiento (%), del proceso de extracción de celulosa de abacá.

**Tabla 34**

*Resultados de la interacción A\*B\*C del Análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) de las variables ópticas.*

Variedad	Categoría	Dosis	Color	Rugosidad
<i>Bungalanón</i>	Categoría 2	0,3 M	5,60 (DE)	2,70 (ABC)
<i>Manguindanao</i>	Categoría 2	0,3 M	5,25 (CDE)	2,80 (ABCD)
<i>Tangongón</i>	Categoría 2	0,3 M	5,20 (CDE)	3,25 (CDFE)
<i>Bungalanón</i>	Categoría 4	0,3 M	5,20 (CDE)	3,65 (EF)
<i>Manguindanao</i>	Categoría 4	0,3 M	4,95 (CDE)	3,45 (DEF)
<i>Tangongón</i>	Categoría 4	0,3 M	5,20 (CDE)	2,70 (ABC)
<i>Bungalanón</i>	Categoría 5	0,3 M	2,90 (AB)	3,55 (EF)
<i>Manguindanao</i>	Categoría 5	0,3 M	2,25 (A)	3,90 (F)
<i>Tangongón</i>	Categoría 5	0,3 M	2,45 (AB)	3,05 (BCDE)
<i>Bungalanón</i>	Categoría 2	0,5 M	5,10 (CDE)	2,50 (AB)
<i>Manguindanao</i>	Categoría 2	0,5 M	4,50 (C)	2,60 (ABC)
<i>Tangongón</i>	Categoría 2	0,5 M	5,20 (CDE)	3,30 (CDEF)
<i>Bungalanón</i>	Categoría 4	0,5 M	4,85 (CD)	3,00 (BCDE)
<i>Manguindanao</i>	Categoría 4	0,5 M	5,75 (E)	2,70 (ABC)
<i>Tangongón</i>	Categoría 4	0,5 M	4,95 (CDE)	2,80 (ABCD)
<i>Bungalanón</i>	Categoría 5	0,5 M	2,85 (AB)	2,80 (ABCD)
<i>Manguindanao</i>	Categoría 5	0,5 M	3,15 (B)	2,25 (A)
<i>Tangongón</i>	Categoría 5	0,5 M	2,75 (AB)	2,70 (ABC)

En la tabla 34 se observan los resultados interacción A\*B\*C de las variables color y rugosidad correspondientes a las variables ópticas para la elaboración de papel de abacá.

Para la variable color se obtuvo el valor más alto en el grupo E correspondiente al tratamiento T14 (*Manguindanao* \* Categoría 4 \* 0,5 M) con el 5,75 el cual se aproximó al color Beige, por otro lado, se obtuvo el valor más inferior en el grupo A del

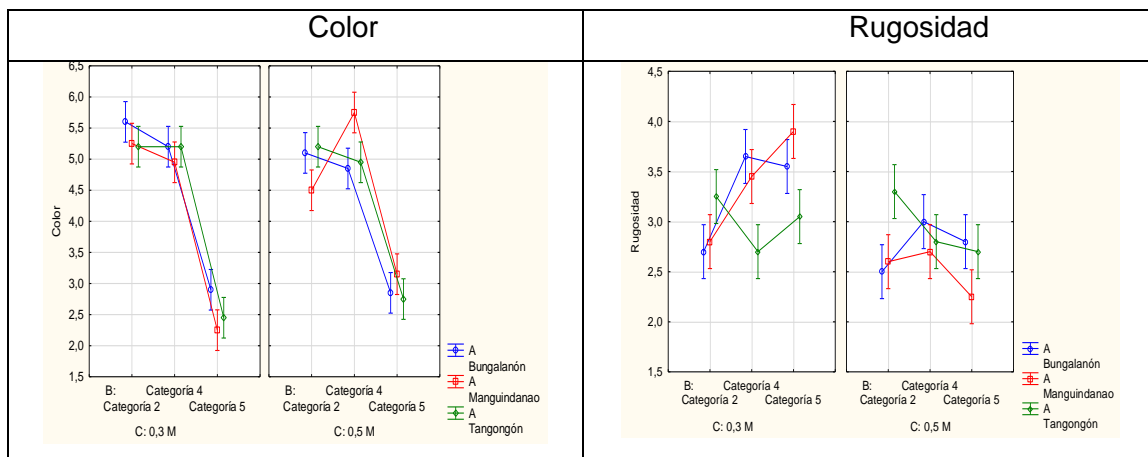
tratamiento T8 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,3 M) con el valor de 2,25 aproximándose al color castaño.

En la variable rugosidad del papel se obtuvo el valor más alto en el grupo F correspondiente al tratamiento T8 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,3 M) con el 3,90 el cual se aproximó a la textura ligeramente liso, por otro lado, se obtuvo el valor más inferior en el grupo A del tratamiento T17 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con el valor de 2,25 que corresponde a la textura rugosa.

***Interacciones significativas (A\*B\*C) del proceso de extracción de celulosa de abacá para las variables ópticas.***

**Figura 10**

*Interacción (A\*B\*C) para las variables ópticas.*



En la figura 10 se observan las interacciones significativas (A\*B\*C) del análisis Tukey ( $p < 0,05$ ) para las variables ópticas color y rugosidad, del proceso de extracción de celulosa de abacá.

Los resultados de la interacción (A\*B\*C) de las variables químicas como: ceniza, pH, humedad y fibra no se encontró diferencias significativas, los valores encontrados en el análisis de varianza fueron de un valor-P en ceniza del 0,49; en pH fue de 0,51; en humedad de 0,56 y en fibra de 0,11 siendo superiores al ( $p < 0,05$ ), demostrando que los tratamientos probados en distintas Variedades de abacá, Categorías y Dosis de NaOH son muy similares para obtener el papel de celulosa con un efecto estadístico del 95% de nivel de confianza; demostrando una aceptación en los datos y normalidad en cada una de las tres repeticiones probadas para cada tratamiento.

## CAPÍTULO VI

### Discusión

#### Variedades de abacá (Factor A)

De acuerdo a los resultados del análisis con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) el Factor A correspondiente a las variedades de abacá (*Bungalanón*, *Manguindanao* y *Tangongón*), estudiadas en la elaboración de papel se determinó que:

En el análisis de varianza con la prueba de Tukey con ( $p < 0,05$ ) en el Factor A (variedades), las propiedades físicas (espesor (mm), gramaje ( $\text{g}/\text{m}^2$ ), densidad aparente ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ), rendimiento (%), resistencia al rasgado (N)) no presentaron diferencias significativas entre las variedades de estudio, esto se corrobora con lo mencionado por Páez (2007), quien menciona que determinar la mejor fibra de abacá en base a las propiedades físicas de cada variedad es difícil, debido a la similitud entre las mismas, aquí un aspecto importante es el grosor y longitud de las fibras. La calidad y la cantidad de fibra se ve mayormente afectada por el estado de la materia prima, es decir la condición de los pseudotallos.

Existió diferencia significativa en la variable humedad (%). La variedad *Tangongón* con 7,32 % tiene un valor más alto que las variedades *Bungalanón* y *Manguindanao* con 4,79 % y 5,43 % respectivamente, se corrobora con las Normas INEN2904 (2015), con el método de ensayo NTE INEN-ISO 287 mencionan que dentro de los requisitos para papel de cuadernos el porcentaje de humedad está en un rango de mínimo 5 % y máximo 8 %, por lo tanto, los resultados expresados de las tres variedades de la investigación están dentro de lo estipulado.

Respecto a la variable fibra (%), existió diferencia significativa, sobre todo la variedad *Manguindanao* con 82,78 % de fibra, siendo el único que puede ser considerado como papel y cartón corroborando a lo mencionado por Ponce (2019), aquí también se explica que independientemente de la materia prima del papel y cartón, en este caso las variables *Tangongón* con 75,42 % y *Bungalanón* con 69,56 % de fibra de abacá, al no tener un contenido de fibra menor al 80 % no cumplen con lo requerido.

Respecto a las variables Ceniza (%) y el pH del papel, al realizar el análisis de varianza con la prueba de Tukey con ( $p < 0,05$ ) en el Factor A (Variedades de abacá), no presentaron diferencias significativas entre variedades para ambas variables, puesto que dentro de las propiedades químicas estos valores obtenidos son similares, se corrobora con Laqui (2017), quien menciona que la similitud de condiciones de elaboración del papel, realización de las evaluaciones y las características similares de las fibras que lo conforman son agentes que influyen en la variabilidad.

Respecto al color y textura del papel por cada variedad, al realizar el análisis de varianza con la prueba de Tukey con ( $p < 0,05$ ) en el Factor A (Variedades de abacá), no se identificó diferencias significativas, debido a la naturaleza de la fibra de abacá. Según lo mencionado por Páez (2007), su coloración va a depender totalmente de que parte del pseudotallo se extrae la fibra, no necesariamente de la variedad, y su textura dependerá del proceso de refinamiento de la materia prima para extraer la pulpa.

### **Categorías (Factor B)**

De acuerdo a los resultados del análisis con la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) el Factor B correspondiente a las categorías de calidad de abacá (2, 4 y 5), estudiadas en la elaboración de papel se determinó que:

Para la variable espesor (mm), se pudo observar que la Categoría 4 con un espesor de 3,55 (mm) fue más alta en relación a la Categoría 5 con 3,45 (mm) que la secundaba y la Categoría 2 con 3,34 (mm) que obtuvo el valor más bajo entre las tres. Los milímetros de espesor obtenidos durante la evaluación del papel de fibra de abacá no están dentro de lo estipulado por las INEN 2904 (2015), con el método de ensayo NTE INEN-ISO 534, donde señalan que para considerarse papel, este debe tener un espesor de 0,06 (mm) (correspondiente a 60 micras) ya que esta característica le da la delgadez flexible y ligera del papel y que lo distingue del cartón. Los datos expresados se deben al peso base del papel de abacá, estructura fibrosa y el proceso de refinamiento de la pasta celulósica según lo mencionado por Sanz Tejedor (2017). En función a los resultados obtenidos del espesor de las categorías de abacá resultantes del papel, se corrobora con lo mencionado por Ontaneda (2020), ya que pasado los 0,30 (mm) de espesor, se considera cartón.

Dentro de los requisitos de las normas INEN2904 (2015), se establece que es necesario que el papel tenga una resistencia de 0,275 (N), por lo que no se cumple con lo estipulado, se ha podido identificar que las categorías 2 y 4 son las más altas, con valores de 84,58 (N) y 78,42 (N) respectivamente, en este caso siendo la categoría 2 la de mayor resistencia y la Categoría 5 con 64,83 (N) siendo la de menor resistencia. La alta resistencia al rasgado del papel de abacá se debe a la longitud de las fibrillas que lo componen, según Páez (2007), la longitud de las fibras de abacá son de 6 (mm) de largo y entre 284 y 151,40 micras de diámetro, lo que le provee de una buena resistencia a todas sus calidades y variedades.

Las variables gramaje ( $\text{g/m}^2$ ), densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ), rendimiento (%), al realizar el análisis de varianza con la prueba de Tukey con ( $p < 0,05$ ) en el Factor B (Categorías) no presentan diferencias significativas, esto debido a que la posición de la

fibra en el pseudotallo que le provee el color característico de cada calidad de abacá no presenta mayor variabilidad por la similitud física de sus fibras según lo mencionado por (Páez, 2007).

En la variable humedad del Factor B (Categorías), se identificó que el porcentaje más alto lo obtuvo la Categoría 2 con un valor de 6,42 %, seguido de la categoría 5 con 5,97% de humedad y por último la Categoría 4 con 5,16 % de humedad. Se corrobora con las Normas INEN2904 (2015), donde se menciona que el porcentaje de humedad está en un rango de mínimo 5 % y máximo 8 %, por lo tanto, los resultados expresados de las tres categorías de calidad utilizadas en elaborar el papel están dentro de lo estipulado. Laqui (2017), menciona que el porcentaje humedad contenida en una hoja de papel o cartón le da flexibilidad al mismo y si el contenido de humedad es menor al 5 % provoca que la celulosa sea más rígida.

Respecto a las variables Fibra (%), pH y Ceniza (%) al realizar el análisis de varianza con la prueba de Tukey con ( $p < 0,05$ ) en el Factor B (Categorías), no se identificó diferencias significativas.

En torno a los datos expresados en el análisis de la variable rugosidad del papel, se identificó que las Categorías 4 y 5 con valores de 3,05 y 3,04 respectivamente son ligeramente rugosas, es decir que la superficie es ligeramente irregular, en el caso de la Categoría 2 con un valor de 2,85 se identifica como rugoso y que se aproxima a ligeramente rugoso, y esto se puede explicar con lo mencionado por Condori (2010), quien menciona que uno de los principales factores que intervienen en las características visuales y de textura es la compresión, al no ser bien efectuada forma texturas irregulares, este al ser un papel artesanal tiende a formarse más irregularidad.



En el análisis de la variable color se determinó que la Categoría 2 y la Categoría 4 con valores de 5,14 y 5,15 presentan una coloración beige perla, mientras que la Categoría 5 con un valor de 2,72 presenta una tonalidad castaña acercándose a marrón cereza. Se corrobora con lo mencionado por Páez (2007), en función de la posición donde se extrajo la fibra en el tallo, esta va a presentar variaciones en la coloración; las fibras de Categoría 5, por lo general se encuentran en la parte externa del pseudotallo y tienden a ser más oscuras, a medida que se introduce más, las fibras se van volviendo más claras.

### **Dosis de NaOH (Factor C)**

Para la determinación de dosis de NaOH (Factor C), de acuerdo al análisis de la prueba Tukey ( $p < 0,05$ ) correspondiente a las dosis de NaOH 0,3 M y 0,5 M estudiadas para la elaboración del papel de abacá se determinó las siguientes propiedades:

En la variable espesor (mm) de acuerdo a los resultados de la dosis NaOH de 0,3 M se obtuvo el 3,36 (mm), mientras que en la dosis NaOH de 0,5 M fue de 3,52 (mm). Las normas INEN 2904 (2015), mencionan que con el método de ensayo NTE INEN-ISO 534, donde señalan que para considerarse papel, el cual debe tener un espesor de 0,06 (mm) o 60 micras esto le da la característica le da la ligereza, delgadez flexible propia del papel y que lo distingue del cartón. En función a los resultados obtenidos del espesor en las dosis de NaOH aplicadas de 0,3 M y 0,5 M, se rescata lo mencionado por Ontaneda (2020), donde expresa que pasado los 0,30 (mm) de espesor, se considera cartón.

En la variable rendimiento de acuerdo a los resultados de la dosis de 0,3 M se obtuvo el 78,16 %, mientras que en la dosis de 0,5 M fue el 83,17 %. Los resultados obtenidos al aplicar dosis de 0,3 M y 0,5 M demuestran que la fibra de abacá al ser

tratada por estas dosis de NaOH no pierde altos porcentajes de pectinas y lignina, ya que al haber pasado la fibra por un solo proceso de desfibrado, blanqueado y refinado, no pierde altos porcentajes en su rendimiento. Por lo tanto, no afecta considerablemente a su peso final, lo cual coincide con lo mencionado por Ponce (2019), que mientras más procesos y refinados se le realiza a la pulpa celulósica pierde más su rendimiento.

Para las variables físicas donde no se encontró diferencia significativa los valores del análisis de varianza del Valor-P superó el ( $p < 0,05$ ) siendo de la variable Gramaje ( $\text{gr/m}^2$ ) de 0,97; la Densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ) de 0,07 y la Resistencia al rasgado de 0,30. Esto se debe a lo resistente de sus fibras y al alto rendimiento que se obtuvo; lo cual se demuestra que las dosis aplicadas tiene un nivel de confianza estadístico favorable para estas variables, por lo tanto el papel que se obtiene al aplicar estas dosis no interfiere significativamente para estas variables.

De acuerdo a lo mencionado por Mejía (2000), que manifiesta que un pH menor a 5 afecta directamente a la calidad del papel volviéndolo amarillo, con respecto a los resultados obtenidos de la variable pH de acuerdo a la dosis de 0,3 M se obtuvo el valor de 6,39 mientras que en la dosis de 0,5 M fue de 6,47; en relación a estos valores las normas ISO 11108 mencionan que se requiere un pH mínimo de 7,5 a 10; por lo tanto los valores obtenidos no sobrepasan un pH mínimo como lo establecen las normas. Pero cabe indicar que el pH no se encuentra bajo el valor 5 como lo menciona Mejía (2000), por lo tanto, el papel de abacá no se verá afectado por el amarillamiento en su calidad.

Para las variables químicas donde no se obtuvo diferencia significativa los valores del análisis de varianza del Valor-P superó el ( $p < 0,05$ ) siendo de la variable

cenizas de 0,66; la humedad de 0,72 % y de fibra de 0,87 %. Por lo tanto, las dosis aplicadas tienen un nivel de confianza estadístico favorable para estas variables, por lo que al aplicar estas dosis no interfiere significativamente en sus resultados.

Dentro de la variable Rugosidad de acuerdo a los resultados de la dosis de 0,3 M se obtuvo el valor de 3,23 correspondiente al ligeramente rugoso, mientras que en la dosis de 0,5 M fue de 2,74 que se le aproxima a ligeramente rugoso. Condori (2010), quien menciona que uno de los principales factores que intervienen en las características visuales y de textura es la compresión, al no ser bien efectuada forma texturas irregulares, este al ser un papel artesanal tiende a formarse más irregularidad.

La variable color no obtuvo diferencia significativa los valores del análisis de varianza del Valor-P superó el ( $p < 0,05$ ) siendo su valor de 0,88. Para la variable color las dosis de NaOH no interfieren significativamente a la diferencia de color, por lo tanto, las dosis aplicadas son favorables para esta variable.

### **Interacción Variedades de abacá\* Categorías (A\*B)**

Las normas INEN 2904 (2015) mencionan que con el método de ensayo NTE INEN-ISO 534, donde señalan que para considerarse papel, debe tener un espesor de 0,06 (mm) o 60 micras, en la variable espesor el valor más inferior fue el grupo A (*Manguindanao* \* Categoría 5) con el 3,27 (mm). Por lo tanto, no se considera papel de acuerdo a lo mencionado por Ontaneda (2021), si no que por sus dimensiones es considerado cartón.

Según (Araujo, 2011), menciona que el gramaje deberá ser de 70 (gr/m<sup>2</sup>) de acuerdo a lo establecido por la norma ISO 536 para ser considerado papel, dentro del cual se obtuvo un gramaje (gr/m<sup>2</sup>) en el grupo B, que fue de 896,09 para la interacción

de (*Tangongón* \* Categoría 4), el cual supera a lo establecido por la norma se lo considera cartón.

Según (Jiménez, 2015), menciona que la densidad para papeles y cartones se encuentra entre 300 a 1000 (kg/ m<sup>3</sup>) lo que corresponde a 0,30 a 1,00 (gr/m<sup>3</sup>), pero manifiesta que depende de algunos factores como el tipo de fibra, el refinado, secado y la parte física de las operaciones que se realizan; en densidad aparente (gr/m<sup>3</sup>) se obtuvo el valor más alto en el grupo C, que fue de 0,27 para la interacción de (*Manguindanao* \* Categoría 5) y el valor más bajo en el grupo A de la interacción (*Bungalanón* \* Categoría 5) con el 0,20. Por lo tanto el papel no se encuentra en rango determinado pero el valor más alto se aproxima a una densidad considerada.

Para la variable resistencia al rasgado se obtuvo el valor más alto en el grupo C, que fue de 87,50 N para la interacción de (*Manguindanao* \* Categoría 2), este valor siendo el más alto no se encuentra en el rango establecido por las normas ISO 9706, las cuales mencionan que la resistencia al rasgado en cualquier dirección deberá ser inferior a 350mN o 0,35 N, al ser superior a dicho valor se lo considera resistente.

En la variable rendimiento los valores que se obtuvo fueron todos del grupo A, donde uno de ellos fue el más superior siendo (*Tangongón* \* Categoría 5) con un valor de 83,53 %. Siendo un valor considerable factible para esta interacción de variedades por categorías.

Las normas INEN 2904 determinan que un máximo de humedad en el papel deber ser entre el 7 % a 8 %. En la variable humedad se obtuvo el valor más bajo en el grupo A de la interacción (*Bungalanón* \* Categoría 4) con el 3,67 % manteniéndose en el rango establecido, pero se encontró un solo grupo C con un valor que se aleja de lo

establecido con un bajo rango, con el 8,22% para la interacción de (*Tangongón* \* Categoría 5). Pero cabe mencionar que son dos variedades distintas y categorías.

Dentro de los resultados de la interacción (A\*B) de las variables químicas como: ceniza, pH, y fibra no se encontró diferencias significativas, los valores encontrados en el análisis de varianza fueron de un valor-P en ceniza del 0,24; en pH fue de 0,57; y en fibra de 0,27 % siendo superiores al ( $p < 0,05$ ), demostrando que los tratamientos probados en distintas variedades de abacá y dosis de NaOH son muy similares para la elaboración de papel abacá, con un efecto estadístico del 95 % de nivel de confianza; demostrando una aceptación en los datos y normalidad en cada una de las repeticiones que se estableció para cada tratamiento.

Para la variable color se obtuvo los valores más altos en el grupo B, el cual el valor que más se destacó como superior fueron las siguientes interacciones la de (*Bungalanón* \* Categoría 2) y la de (*Manguindanao* \* Categoría 4) con el valor de 5,35, correspondiente al color ligeramente beige perla, por otro lado, se obtuvo los valores inferiores en el grupo A de la interacción (*Tangongón* \* Categoría 5) con el 2,60 que se aproximó al color marrón cereza siendo el más inferior para este grupo. Cabe mencionar que la Categoría 5 de la fibra de abacá es significativamente distinta entre las demás categorías; Corroborando con Páez (2007), la fibra al ser extraída de la parte más externa del pseudollado del abacá su color difiere de la categoría 2 y 4, ya que estas dos son extraídas mayormente de la parte más interna del pseudotallo; el color es distinto a comparación de la Categoría 5 esto se debe a que el color de la parte externa tiene coloraciones oscuras de morado rojizo y negro rojizo dependiendo de su variedad.

Para la variable rugosidad se obtuvo el valor más alto en el grupo E, que fue de 3,32 para la interacción de (*Bungalanón* \* Categoría 4) considerado como ligeramente

rugoso por otro lado, se obtuvo los valores más bajos en el grupo A de la interacción (*Bungalanón* \* Categoría 2) con el 2,60 que se aproximó a ligeramente rugoso, corroborando con Condori (2010), quien menciona que uno de los principales factores que intervienen en las características visuales y de textura es la compresión, al no ser bien efectuada forma texturas irregulares, este al ser un papel artesanal tiende a formarse más irregularidad.

### **Interacción entre Variedades de abacá \* Dosis de NaOH (A \* C)**

De acuerdo a los resultados del análisis con la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ), los resultados de la interacción entre Variedades de abacá \* Dosis de NaOH, se determina que:

Para las variables de estudio color y textura, el valor más destacable es el de la interacción (*Manguindanao* \* 0,3 M) que por sus propiedades ópticas muestra una coloración ligeramente beige claro y se acerca al ligeramente beige perla, se corrobora con Páez (2007), quien menciona que la variedad *Manguindanao* se caracteriza por que sus fibras son más claras en comparación a otras variedades. Al ser tratada para la elaboración de papel, se elimina gran parte de la lignina que la conforma volviéndola más clara. En cuanto a la textura de esta interacción, se capta que es ligeramente rugosa debido a la suavidad de la fibra *Manguindanao* y también depende mucho del proceso de compactación como lo menciona Condori (2010).

La interacción (*Manguindanao* \* 0,5) obtuvo el valor más destacado entre las interacciones para la variable pH, destacando por poseer un pH de 6,65 y según las normas ISO 1108 que mencionan que es requerido que el papel tenga un pH puede tener de 7,5 a 10 ya que por debajo de este, el papel tiende a amarillarse y dañar con facilidad, si embargo nuevas tecnologías y métodos dentro de la industria del papel

incorporan productos alcalinos para solucionar este aspecto que por lo general se presenta en fibras naturales, en este caso no fueron empleados, corroborando con Ontaneda (2020), el papel de esta interacción con un pH de 6,65 no es considerado de baja calidad, ya que a pesar de su ligera acidez, esta puede ser tratada y así evitar que se dañe con el paso del tiempo.

Dentro de la variable Humedad (%), las interacciones más destacables fueron (*Bungalanón* \* 0,3 M) y (*Manguindanao* \* 0,5 M) con 5,02 % ambas, según las Normas INEN2904 (2015), con el método de ensayo NTE INEN-ISO 287 mencionan que dentro de los requisitos para papel de cuadernos el porcentaje de humedad está en un rango de mínimo 5 % y máximo 8 %, por lo tanto, se corrobora que esta interacción está dentro de lo solicitado, entre más cercano el porcentaje de humedad esté a 5 %, es mejor, por lo que esta interacción según lo mencionado, presenta mejor características en cuanto a la humedad.

La interacción más destacable para la variable Rendimiento (%) es (*Bungalanón* \* 0,5 M) con 83,86 %, esto debido a que principalmente se realizó un solo proceso de deslignificación por el método químico por lo que el rendimiento no se ve mayormente afectado en esta interacción y se puede corroborar con Ponce (2019), quien al realizar dos procesos de deslignificación, tuvo un menor rendimiento porque en estos se elimina la lignina, resinas, pectinas que conformen su materia prima generando así pulpa celulósica pura pero con bajo rendimiento.

En cuanto a la variable resistencia (N), el valor más significativo lo tuvo la interacción (*Tangongón* \* 0,3 M), Páez (2007), menciona que la variedad *Tangongón* se caracteriza principalmente por la resistencia de su fibra, según las normas INEN2904 (2015), se establece que es necesario que el papel tenga una resistencia de 0,275 N,

esta interacción posee un valor de resistencia de 85,16 (N), por lo que se considera resistente.

### **Interacción Categorías\*Dosis de NaOH (B\*C)**

De acuerdo a los resultados del análisis con la prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ), los resultados de la interacción entre (Categorías \* Dosis de NaOH), se determina que:

la interacción entre la (Categoría 4 \* 0,3 M) es la que más destaca entre los valores de la variable espesor (mm), con un valor de 3,65 (mm) y la misma posee un gramaje destacable de 893,23 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) y se lo puede considerar como cartón por las características físicas que presenta, por lo que corroborando con lo mencionado por Gonzales (2010) quien establece que el gramaje del cartón debe ser mínimo de 250 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) y poseer un espesor de mínimo de 3 (mm). En base los resultados del papel de abacá, este no puede ser considerado papel para cuaderno, según las INEN2904 (2015) que señalan que para considerarse papel, este debe tener un espesor de 0,06 (mm), por lo que en comparación al resultado obtenido de esta variable, se puede decir que el espesor de esta interacción supera lo requerido; en cuanto al gramaje Araujo (2011) menciona que se considera como papel permanente a aquellos que tienen 70 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de gramaje, siendo así los resultados de la interacción mayores a lo propuesto por los autores.

En cuanto al color, el valor que mayormente destaca es de la interacción de la (Categoría 2 \* 0,3 M) que por sus características corresponde a la coloración ligeramente beige perla, por lo que se puede mencionar que en este caso, el contenido de lignina en esta interacción es bastante bajo, según lo mencionado por Sanz Tejedor (2017), el contenido de lignina influye mucho en la coloración del papel, entre más



presente este, el papel se tornará amarilloso, y esto se produce por la forma y método de elaboración del papel.

En cuanto a la rugosidad del papel el resultado más destacado fue el de la interacción (Categoría 5 \* 0,3 M), con una textura ligeramente rugosa, esto según Condori (2010), uno de los principales factores que intervienen en la textura del papel es la fuerza del prensado, al no ser bien efectuada forma texturas irregulares por la misma naturaleza de las fibras, al ser un papel artesanal tiende a formarse ciertas irregularidades y le dan esa textura.

### **Interacción Variedades de abacá\*Categorías\*Dosis de NaOH (A\*B\*C)**

La interacción A\*B\*C permite obtener un valor representativo al estudiar tres factores al mismo tiempo (Variedades de abacá \* Categorías \* Dosis de NaOH) en la elaboración de papel de abacá, las propiedades evaluadas fueron físicas, químicas y ópticas.

En espesor (mm) se obtuvo el valor más alto en el grupo C con el 4,25 (mm) perteneciente al tratamiento T5 (*Manguindanao* \* Categoría 4 \* 0,3 M), el valor más inferior fue grupo A del T2 (*Manguindanao* \* Categoría 2 \* 0,3 M) con el 2,99 (mm). Las normas INEN 2904 (2015) con el método de ensayo NTE INEN-ISO 534, donde señalan que para considerarse papel, debe tener un espesor de 0,06 (mm), si esto no ocurre y el valor supera a lo establecido se considera cartón.

En gramaje (gr/m<sup>2</sup>), el valor más alto fue el grupo C con el 996,09 (gr/m<sup>2</sup>) correspondiente al tratamiento T11 (*Manguindanao* \* Categoría 2 \* 0,5 M) y el más inferior el grupo A del tratamiento T16 (*Bungalanón* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con el 719,53 (gr/m<sup>2</sup>). Según Araujo (2011), menciona que el gramaje deberá ser de 70 (gr/m<sup>2</sup>) de acuerdo a lo establecido por la norma ISO 536, si este es superior es considerado

cartón; por lo tanto, todos los tratamientos superan este valor y el producto elaborado a partir de fibra de abacá es considerado como cartón por sus dimensiones y peso en esta variable.

Dentro de la variable densidad aparente ( $\text{gr/m}^3$ ), se obtuvo el valor más alto en el grupo D con el 0,30 correspondiente al tratamiento T8 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,3 M), Jiménez (2015), menciona que la densidad para papeles y cartones se encuentra entre 300 a 1000 ( $\text{kg/ m}^3$ ) lo que corresponde a 0,30 a 1,00 ( $\text{gr/m}^3$ ), por lo tanto el T8 se encuentra en el rango favorable; por otro lado, se obtuvo el valor más bajo en el grupo A del tratamiento T16 (*Bungalanón* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con el 0,19 ( $\text{gr/m}^3$ ), por los diferentes factores que se presentan, no es favorable para esta esta calidad de papel.

El rango establecido por las normas ISO 9706, las cuales mencionan que la resistencia al rasgado en cualquier dirección deberá ser inferior a 350mN o el 0,35 N, en la variable resistencia al rasgado (N), se obtuvo el valor más alto en el grupo E con el 95,00 correspondiente al tratamiento T13 (*Bungalanón* \* Categoría 4 \* 0,5 M), por otro lado y valores más bajos en el grupo A del T7 (*Bungalanón* \* Categoría 5 \* 0,3 M) y T17 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con un 55,00 N en ambos tratamientos, al ser superior a dicho valor se lo considera resistente.

Dentro de la variable rendimiento (%) del papel, se obtuvo los valores más altos en el grupo C, siendo el más superior el tratamiento T18 (*Tangongón* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con el 86,05 %. Este rendimiento es considerable factible por su alto porcentaje de aceptación, ya que como lo menciona Ponce (2019), mientras más procesos y refinados se realicen el rendimiento es menor.

Para la variable color se obtuvo el valor más alto en el grupo E correspondiente al tratamiento T14 (*Manguindanao* \* Categoría 4 \* 0,5 M) con el 5,75 el cual se aproximó al color Beige, por otro lado, se obtuvo el valor más inferior en el grupo A del tratamiento T8 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,3 M) con el valor de 2,25 aproximándose al color castaño. El color de la categoría 5 difiere en comparación de las otras categorías, por la parte de donde se extrae la materia prima en este caso para la categoría 5 se extrae de la parte más externa (oscura), su coloración va a depender totalmente de que parte del pseudotallo se extrae la fibra, no necesariamente de la variedad.

En la variable rugosidad del papel se obtuvo el valor más alto en el grupo F correspondiente al tratamiento T8 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,3 M) con el 3,90 el cual se aproximó a la textura ligeramente liso, por otro lado, se obtuvo el valor más inferior en el grupo A del tratamiento T17 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con el valor de 2,25 que corresponde a la textura rugosa, Condori (2010), menciona que uno de los principales factores que intervienen en las características visuales y de textura es la compresión, al no ser bien efectuada forma texturas irregulares, este al ser un papel artesanal tiende a formarse más irregularidad.

La interacción (A\*B\*C) de las variables químicas como: ceniza, pH, humedad y fibra no se encontró diferencias significativas, los valores encontrados en el análisis de varianza fueron de un valor-P de 0,49 en ceniza, 0,51 en pH, en humedad de 0,56 % y de 0,11 % en fibra siendo superiores al ( $p < 0,05$ ), por lo tanto se establece que los tratamientos evaluados en distintas variedades de abacá, categorías y dosis de NaOH son relativamente similares para obtener el papel de abacá con un 95% de nivel de confianza; demostrando una aceptación de los datos en cada uno de los tratamientos evaluados.

## CAPÍTULO VII

### Conclusiones

#### Factor A (Variedades de abacá)

El análisis Tukey para rendimiento del Factor A (Variedades de abacá) se evidencia un p-valor de 0,26, es decir mayor a ( $p < 0,05$ ) por ello no existe diferencias significativas entre variedades. En la interacción A\*B se observó que todas pertenecen a un mismo grupo (A), por lo tanto, se considera a todas favorables, pero la que más destacó de las interacciones fue (*Tangongón* \* Categoría 5) con un valor de 83,53 %. En este caso se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), las variedades de abacá (*Tangongón*, *Bungalanón* y *Manguindanao*) no interfieren en el rendimiento de pulpa celulosa.

#### Factor B (Categorías)

El Factor B, se observa que las categorías 2 y 4 obtuvieron el mejor color con un valor de 5,14 y 5,15 respectivamente, es decir, que ambas son ligeramente beige perla. En cuanto a la rugosidad, la categoría 4 y 5 obtuvieron los valores más representativos, con 3,05 y 3,04 respectivamente, por lo tanto, ambas son consideradas ligeramente rugosas.

La interacción A\*B (Variedades de abacá \* Categorías) se observa que la variedad (*Bungalanón* \* Categoría 2) y (*Manguindanao* \* Categoría 4) tienen un valor de 5,35 que representa al color ligeramente beige perla siendo este el más representativo entre las interacciones. En la interacción (*Bungalanón* \* Categoría 4) se encontró un valor de 3,32 para la variable rugosidad al que se denomina ligeramente rugoso. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), las categorías de abacá 2, 4 y 5 no producen la misma calidad ni cantidad de pulpa de celulosa para la elaboración de papel blanco.

### **Factor C (Dosis de NaOH)**

La variable espesor la dosis de 0,5 M de NaOH fue de 3,52 (mm); en rendimiento la dosis de 0,5 M fue de 83,17 % siendo estas las mejores para las variables físicas. El pH de la dosis de 0,5 M fue de 6,47; por medio de estos valores se determina que el papel no tiende a amarillarse ya que su pH no fue inferior a 5. Para rugosidad la dosis de 0,3 M fue de 3,23 correspondiente a ligeramente rugoso. Para las variables gramaje ( $\text{g/m}^2$ ), densidad aparente ( $\text{g/cm}^3$ ), resistencia al rasgado; ceniza (%), humedad (%), fibra (%) y el color no se encontró diferencia significativa demostrando que las dosis aplicadas no influyen considerablemente para el resultado de estas variables.

El efecto de dos concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH) sobre la calidad de las variedades donde la interacción (*Manguindanao* \* 0,5 M) obtuvo el valor más destacado en pH de 6,65 el cual se encuentra en el rango para que el papel no se torne amarillo; en rendimiento el valor mayor se obtuvo de (*Bungalanón* \* 0,5 M) con el 83,86 % y la variable resistencia de (*Tangongón* \* 0,3 M) con el 85,16 (N). En base a los resultados obtenidos en la elaboración de celulosa de fibra de abacá para el Factor C, las variables no interfieren significativamente para estas dosis, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), donde menciona que las concentraciones de 0,3 M y 0,5 M de NaOH que se utilizó, no influyen en el proceso de la obtención de papel de abacá.

### **Interacción A\*B\*C (Variedades de abacá\* Categorías\* Dosis de NaOH)**

El tratamiento que más destaca en cuanto a rendimiento es T18 (*Tangongón* \* Categoría 5 \* 0,5 M) con un valor de 86,05 % en relación a los otros tratamientos, es importante destacar que todos obtuvieron rendimientos bastante buenos. Para rugosidad, el T8 (*Manguindanao* \* Categoría 5 \* 0,3 M) con un valor de 3,90 considerado ligeramente liso y en el color el T14 (*Manguindanao* \* Categoría 4 \* 0,5 M)

con un valor de 5,75 que corresponde beige. Considerando que en la tabla de interacciones A\*B\*C se observó que la variedad *Manguindanao* obtuvo un mayor número de variables con diferencias significativas favorables, acerca de las variables químicas, no se observó diferencia significativa en las interacciones A\*B\*C.

## Recomendaciones

Para obtener un mayor rendimiento de celulosa de abacá se recomienda utilizar las categorías 2 y 5 de las variedades *Bungalanón* y *Tangongón* que superaron el 84,72 % de rendimiento. De acuerdo a las concentraciones aplicadas de Hidróxido de sodio (NaOH) del Factor (C) de 0,3 M y 0,5 M, se recomienda utilizar la de menor concentración de 0,3 M, debido a que los resultados que se obtuvo entre ambas dosis no se diferenciaron entre sí en la mayoría de sus variables; pero existió una sola diferencia en la variable rugosidad que alcanzó un margen de error de apenas el  $\pm 0,44$  para estas dosis; por lo tanto, lo ideal es trabajar con la menor cantidad.

En la elaboración de celulosa de abacá para obtener colores claros como el caso de Beige, es importante que se trabaje con la materia prima de las categorías 2 y 4; pero si se desean colores más oscuros se debe extraer solo de la categoría 5 y estas pueden ser de cualquiera de sus tres variedades (*Bungalanón*, *Manguindanao* y *Tangongón*). En cuanto a categoría se refiere que la Categoría 4 es la más recomendada para este fin ya que en este estudio se destacó en la mayoría de variables, sobre todo por su coloración beige perla, que es considerada ligeramente rugosa.

Si de variedades nos referimos, es recomendable el uso de la variedad *Manguindanao* por las características de su fibra, esta es más clara, y en el estudio destaca por su % de humedad considerado dentro del rango de lo ideal con 5,43 % y con un porcentaje de fibra de 82,78 % datos importantes a la hora de seleccionar una variedad de preferencia. Es importante considerar el empleo de productos, aditivos de origen alcalino para regular el pH, para el papel fabricado a partir de pulpa de abacá y así evitar que con el paso de los años este pierda coloración y se dañe, al ser este considerado como ligeramente ácido se ve expuesto.

## CAPÍTULO VII

### Bibliografía

- ABAUDESA. (19 de Agosto de 2014). *Abacá Unión del Ecuador S.A.* Obtenido de Abaca Union Del Ecuador S.A.: <https://es.panjiva.com/Abaca-Union-Del-Ecuador-S-A/1000899>
- Alvarez, C. N., & Guevara, C. D. (2020). *Estudio de la cinética del crecimiento en el proceso fermentativo del abacá para la bioconservación y producción de alcohol con fines industriales*. Santo Domingo: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Araujo, J. F. (2011). Requerimientos establecidos por las normas ISO para papeles permanentes. *Información, cultura y sociedad*, No. 24, 87-96.
- Campuzano, L. J., & Cedeño, A. W. (2018). *Análisis de las exportaciones de abacá en el Ecuador del periodo 2013-2017*. Manabí: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Cárdenas, J. (2016). *ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE LA EXPORTACIÓN DE LA FIBRA NATURAL DE ABACÁ HACIA EL REINO UNIDO*. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/1080>
- Cobos, E. (2018). *Revista Gestión*. Obtenido de Una fibra apetecida en los mercados mundiales: <https://revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/el-abaca-sus-repercusiones-economicas-y-laborales>
- Dergal, B. (2006). *Química de los alimentos*. México: PEARSON.



- Enríquez, F. M. (2013). *Comportamiento del hidróxido de sodio y potasio en función de la humedad y temperatura ambiental*. Quito: Universidad Central del Ecuador.  
Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/870/1/T-UCE-0017-22.pdf>
- EVANS. (2006). *Empresa Terrasol*. Obtenido de  
<http://www.sistematterrasol.com/spa/company.html>
- FAO. (2010). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.  
Obtenido de <http://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/abaca0/es/>
- Gómez, S. G. (2010). *Propuesta de la estructura organizacional, manuales organizacionales y procedimientos de la gerencia de abastecimiento de fibras en una empresa recicladora de papel*. Mexico. DF: Instituto Politécnico Nacional.  
Obtenido de  
<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/8421/T2.117.pdf?sequence=1&isAllo>
- González, H. (2010). *Mercelología de papel, Interpretación de los capítulos 47, 48 y 49 de Arancel de Aduanas*. Callao: Arancel de aduanas del Perú.
- IDEAM. (2003). *Hidróxido de Sodio*. Obtenido de  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/018903/Links/Guia17.pdf>
- INEN2904, N. (2015). *Papel y cartón. Papel para cuadernos. Requisitos*. Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- Jiménez, E. (Agosto de 2017). *Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de agavaceas*. Mineral de la Reforma, Hidalgo.: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL

ESTADO DE HIDALGO. Obtenido de  
[https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/doctorado/documentos/tesis\\_edith.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/doctorado/documentos/tesis_edith.pdf)

Jiménez, M. (2015). *Evaluación de la resistencia a la absorción de agua, ataque de termitas *Nasutitermes corniger* y propiedades mecánicas de un material lignocelulósico*. Mérida, Yucatán, México. Obtenido de  
[https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/415/1/PCM\\_M\\_Tesis\\_2015\\_Milton\\_Jimenez.pdf](https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/415/1/PCM_M_Tesis_2015_Milton_Jimenez.pdf)

Kirk, R., Sawyer, R., & Egan, H. (1996). *Composición y análisis de alimentos de Pearson, segunda edición*; México: Compañía editorial continental SA de CV.

Laqui, C. (Junio de 2017). *Propiedades del papel*. Obtenido de  
<https://es.scribd.com/document/353540058/Pulpa-y-Papel-Propiedades-Fisicas>

Lasso, S. (01 de Noviembre de 2019). *Importancia del papel*. Obtenido de  
<https://www.aboutespanol.com/importancia-del-papel-180079>

Mejía, E. (2000). *Producción de pulpa y papel artesanal de totora*. Investigador Asociado al Centro Nacional de Fibras Naturales PUCE-I.

Nielsen. (1998). *Food Analysis Second Edition*. Gaithersburg, Maryland, USA: An Aspen Publication.

Ojeda , K., Pichucho, H., & Solis, G. (2014). *Análisis del impacto ambiental y económico que implica la utilización de papel en las actividades que lleva a cabo el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (Dirección región Norte), Proyecto ENENDU del año 20212*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

- Ontaneda, T. N. (2020). *Estudio del proceso de extracción de celulosa como materia prima para la industria de papel a partir de distintas variedades de caña Guadua aplicando diferentes procesos químicos*. Santo Domingo de los Tsáchilas: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Páez, M. C. (2007). *Obtención de compuesto de polipropileno reforzado con fibras de abacá mediante moldeo por compresión*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Ponce, Q. G. (Mayo de 2019). *Estudio de la obtención de pulpa celulósica a partir de residuos vegetativos de tres variedades de plátano (Musa paradisiaca L.) para la elaboración de papel blanco*. Santo Domingo de los Tsáchilas: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Obtenido de Estudio de la obtención de pulpa celulósica a partir de residuos vegetativos de tres variedades de plato (Musa paradisiaca L.) para la elaboración de papel blanco:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/20399>
- Ruiz, G. (2018). *El proceso del papel o de cómo un árbol se vuelve papel*. Obtenido de <https://elblogverde.com/el-proceso-del-papel-o-de-como-un-arbol-se-vuelve-papel/>
- Sanz Tejedor, A. (2017). *Química Orgánica Industrial*. Obtenido de Tecnología de la celulosa. La industria papelera: [eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php](http://eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php)
- Terán, L. (2018). *Ensayo acerca de la fibra de abacá*. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL . Obtenido de <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-ute/ambiental/fibra-del-abaca/3043957>

UACJ. (21 de 03 de 2005). *Hoja de datos de seguridad de Peróxido de hidrógeno.*

Obtenido de Peróxido de Hidrógeno:

[http://www3.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/Peroxido\\_de\\_hidrogeno.pdf](http://www3.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/Peroxido_de_hidrogeno.pdf)

f

Zambrano, D. (Febrero de 2015). *“LA ORGANIZACIÓN LOGÍSTICA PARA LA*

*EXPORTACIÓN DE FIBRA DE ABACÁ POR LA EMPRESA FURUKAWA*

*PLANTACIONES”*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6927/1/TESIS%20DENISSE%20ZA](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6927/1/TESIS%20DENISSE%20ZAMBRANO.pdf)

[MBRANO.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6927/1/TESIS%20DENISSE%20ZAMBRANO.pdf)