



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA TEXTIL**

TEMA

**“OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA
UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA
TEXTIL”**

Autor:

JHENNY GABRIELA YACELGA PERUGACHI

Director:

MSc. WILLAM ESPARZA

Ibarra, 2017 - 2018

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR D LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD	1003052170		
APELLIDOS Y NOMBRES	YACELGA PERUGACHI JHENNY GABRIELA		
DIRECCIÓN	Ibarra, Olmedo y Grijalva		
EMAIL	gaby-2293@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO	062939-454	TELÉFONO MÓVIL	0992956637
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO	“OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL”		
AUTOR	YACELGA PERUGACHI JHENNY GABRIELA		
FECHA			
PROGRAMA	PREGADO		
TÍTULO POR EL QUE SE OBTA	INGENIERA TEXTIL		
DIRECTOR	MSc. Willam Esparza		

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Jhenny Gabriela Yacelga Perugachi, con cédula de identidad N° 100305217-0, en calidad de autora y titular de los derechos Patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para cumplir la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es titular de los derechos patrimoniales por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por terceros.



Firma

Nombre: Jhenny Gabriela Yacelga Perugachi

CC: 1003052170

Ibarra, mayo 2018

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Jhenny Gabriela Yacelga Perugachi, con cédula N° 100305217-0 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos Patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4,5 y 6 en calidad de autora de la obra o trabajo de grado denominado "OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL", que ha sido desarrollado para optar por el título de INGENIERA TEXTIL, en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.


Firma

Jhenny Gabriela Yacelga Perugachi

CC: 1003052170

Ibarra, mayo 2018

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JHENNY GABRIELA YACELGA PERUGACHI, con cédula de identidad N° 1003052170, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



Firma

Jhenny Gabriela Yacelga Perugachi

CC: 1003052170

Ibarra, mayo 2018

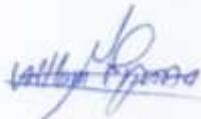
OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

MSc Willam Esparza Director de la tesis de grado desarrollada por la señorita Estudiante Yacelga Perugachi Jhenny Gabriela.

CERTIFICA

Que el proyecto de Tesis de Grado con el Título "OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL", ha sido realizado en su totalidad por la señorita Estudiante Jhenny Gabriela Yacelga Perugachi bajo mi dirección, para obtener el título de Ingeniera Textil. Luego de ser revisado se ha considerado que se encuentra concluido en su totalidad y cumple con todas las exigencias y requerimientos académicos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería Textil, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.



Firma

Willam Ricardo Esparza E.

CC:

Ibarra, mayo 2018

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

DEDICATORIA

A mi madre, quien representa mi todo, la mujer que ha sido mi ejemplo, quien ha sabido estar a mi lado en todo momento y ha sabido soportar mi mal carácter.

A mis hermanos y hermanas quienes siempre con sus consejos, me han permitido mantenerme siempre de pie.

A mis compañeras y amigas con las que compartí años llenos de gratos momentos e historias inolvidables que quedaran guardadas para siempre en mi mente y corazón.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios principalmente porque siempre ha estado guiando mi vida y cada uno de mis pasos, y sé que sin Dios nada es posible en esta vida.

A mi madre, la persona más buena, sincera y paciente que existe en mi vida.

A mi hermano y hermanas, con quienes he compartido momentos llenos de felicidad.

Al ingeniero Elvis Ramírez quien no solo ha sido un profesor para mi sino más bien un amigo que me ha dado tantos consejos cuando más lo he necesitado.

A mi director de tesis el magister Willam Esparza, quien ha sabido darme su tiempo y ha sabido compartir sus conocimientos a lo largo de la carrera y en la realización de este trabajo.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA
UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA
TEXTIL

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Importancia.....	4
1.3 Objetivo General	5
1.4 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Características del sitio del proyecto.....	6
CAPITULO II.....	8
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1 Estado Actual	8
2.1.1 <i>Bambú</i>	9
2.1.2 <i>Producción de bambú en el Ecuador</i>	10
2.1.3 <i>Guadua Angustifolia</i>	12
2.1.4 <i>Características de la planta de bambú.</i>	13
2.2 Obtención de base o pasta de celulosa	15
2.2.1 <i>Procesos de obtención base de celulosa</i>	15
2.3 Biopolímeros	21
2.3.1 <i>Definición</i>	21
2.4 Investigaciones de las aplicaciones del bambú	24

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

2.5 Conceptos	25
2.5.1 Celulosa	25
2.5.2 Hemicelulosa	26
2.5.3 Lignina.....	26
2.5.4 Sustancias extraíbles	27
2.5.5 Hidróxido de Sodio o Sosa Caustica	27
CAPITULO III	29
3. METODOLOGÍA.....	29
3.1 Métodos de la investigación.....	29
3.2 Diseño Muestral	30
3.2.1 Selección de las muestras	31
3.3 Metodología de campo	33
3.3.2 Proceso de Obtención de base de Celulosa en máquina de tintura “Ir” ...	34
3.3.3 Proceso de Obtención de base de Celulosa en máquina de tintura “Autoclave”	44
CAPITULO IV	49
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
4.1 Resultados	49
4.1.1 Preparación de los tubos de la máquina de tintura	49
4.1.1.2 Parámetros utilizados en las muestras de <i>Guadua Angustifolia</i> de 8,4 cm de ϕ	50
4.1.2 Porcentajes de lignina y base de celulosa de la <i>G. angustifolia</i>	52
4.1.3 Resultados de la prueba AATCC método de prueba 20A-2014	54
4.2 Análisis y Evaluación de Resultados	55

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

4.2.1 <i>Análisis estadístico de los parámetros utilizados para la obtención de base de celulosa.</i>	55
4.2.2 <i>Diagramas de las pruebas realizadas en la investigación</i>	59
4.2.3 <i>Análisis comparativo de las muestras realizadas en los 2 tipos de Guadua Angustifolia</i>	66
CAPÍTULO V	71
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1 CONCLUSIONES	71
5.2 RECOMENDACIONES	73
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	81

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2. Edificio de la carrera de ingeniería textil y laboratorio de proceso textiles ...</i>	<i>7</i>
<i>Figura 3: Especies nativas de bambú en el Ecuador.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4. Principales procesos de obtención de pasta o base de celulosa.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5. Ilustración del proceso mecánico.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6. Diagrama de flujo del proceso químico al sulfito.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7. Etapas de la investigación.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 8. Flujograma Muestral</i>	<i>32</i>
<i>Figura 9. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 1.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 10. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 2.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 11. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 3.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 12. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 4.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 13. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 5.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 14. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 6.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 15. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 7.....</i>	<i>65</i>

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

<i>Figura 16. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 8.</i>	66
<i>Figura 17. Diagrama completo de las muestras realizadas en la Guadua Angustifolia (8,4 cm de Ø).</i>	67
<i>Figura 18. Diagrama completo de las muestras realizadas en la Guadua Angustifolia (5,7 cm de Ø).</i>	68
<i>Figura 19. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de las 8 pruebas de la investigación.</i>	69
<i>Figura 20. Diagrama comparativo de los promedios obtenidos de los porcentajes de lignina y base de celulosa.</i>	70

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Números de muestras por pruebas realizadas en la <i>Guadua Angustifolia</i> de 8,4 y 5,7 cm de diámetro.	33
<i>Tabla 2.</i> Muestras de base de celulosa realizadas en máquina de tintura “Ir”. Pruebas 1, 2, 3, 4, 5 y 6	37
<i>Tabla 3</i> Muestras de base de celulosa realizadas en máquina de tintura “Autoclave”. Pruebas 7 y 8.....	44
<i>Tabla 4.</i> Peso de las muestras realizadas en todas las pruebas	50
<i>Tabla 5.</i> Parámetros utilizados en las muestras de <i>Guadua Angustifolia</i> de 8,4 cm de ϕ	51
<i>Tabla 6.</i> Parámetros utilizados en las muestras de <i>Guadua Angustifolia</i> de 5,7 cm de ϕ	52
<i>Tabla 7</i> Porcentajes de lignina y base de celulosa de la <i>G. angustifolia</i> de 8,4 cm de ϕ	53
<i>Tabla 8</i> Porcentajes de lignina y base de celulosa de la <i>G. Angustifolia</i> de 5,7 cm de ϕ	54
<i>Tabla 9</i> Resultados del análisis cuantitativo según la norma AATCC método de prueba 20A-2014	55
<i>Tabla 10.</i> Análisis estadístico de las pruebas realizadas en la <i>G. Angustifolia</i> de 8,4 cm de ϕ	56
<i>Tabla 11.</i> Test de Normalidad de las pruebas realizadas en la <i>G. Angustifolia</i> de 8,4 cm de diámetro.	57
<i>Tabla 12.</i> Análisis estadístico de las pruebas realizadas en la <i>G. Angustifolia</i> de 5,7 cm de ϕ	57
<i>Tabla 13.</i> Test de Normalidad de las pruebas realizadas en la <i>G. Angustifolia</i> de 5,7 cm de ϕ	58

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXOS

ANEXO 1 Corte de Bambú con una sierra eléctrica	81
ANEXO 2. Molida de bambú (transformación a chip)	81
ANEXO 3. Chip de bambú molido	82
ANEXO 4 Peso de la muestra	82
ANEXO 5 Peso del hidróxido de sodio.....	83
ANEXO 6 Medición del volumen total del baño	83
ANEXO 7 Tubo con chips de bambú, agua y sosa caustica	84
ANEXO 8 Tubos con muestras preparadas para ingresar a la maquina “ir”	84
ANEXO 9 Colocación de tubos en la máquina “ir”	85
ANEXO 10 Máquina Autoclave	85
ANEXO 11 Filtración para separar la celulosa y lignina (parte sólida y líquida).....	86
ANEXO 12 Lavado con agua de la base de celulosa	86
ANEXO 13 Vasos de precipitación con lignina.....	87
ANEXO 14 Peso de lignina y agua	87
ANEXO 15 Evaporación de lignina en una cocina de inducción.....	88
ANEXO 16 Lignina evaporada	88
ANEXO 17 Peso Lignina	89
ANEXO 18 Base de Celulosa húmeda.....	89
ANEXO 19 Peso de base de celulosa.....	90
ANEXO 20 Prueba bajo la norma AATCC método de prueba 20A-2014.....	90
ANEXO 21 Residuo de lignina mojada luego de realizarse la prueba bajo la norma AATCC método de prueba 20A-2014.....	91
ANEXO 22 Residuo de lignina mojada luego de realizarse la prueba bajo la norma AATCC método de prueba 20A-2014.....	91

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

RESUMEN

La investigación estuvo basada en la obtención de base de celulosa a partir de bambú para utilizarla como materia prima en la fabricación de fibra textil.

La utilización de fibras en el mundo ha sido sumamente necesaria para poder fabricar artículos para vestimenta, aunque actualmente existe un excesivo uso de fibras de origen sintético que no contribuyen a la conservación del planeta.

Existen algunas fibras naturales de origen vegetal de las cuales se puede obtener grandes beneficios como es el caso del bambú que gracias a sus excepcionales propiedades la hacen una opción muy atractiva para utilizarla como fibra textil.

Para obtener la base de celulosa se escogieron dos variedades de bambú, específicamente *Guadua Angustifolia* de 8,4 y 5,7 cm de diámetro, debido a que es la especie de bambú que más se produce en el país y es la más conocida. Obteniéndose 18 muestras de cada una para poder determinar los parámetros necesarios para la obtención de la base de celulosa siendo estos: temperatura, tiempo, concentración de NaOH y tamaño del chip. Siguiendo un proceso físico en cuanto a la obtención de los chips de *Guadua Angustifolia* y un proceso químico utilizando hidróxido de sodio para separar la lignina y obtener celulosa de bambú. También se realizó un análisis estadístico para comprobar que los datos obtenidos si sean confiables.

Por último se determinó la composición en porcentajes que se obtienen de base de celulosa por cada 10 gramos de chips de bambú, así también se determinó los porcentajes de lignina. Para comprobar que el resultado obtenido si corresponda a base de celulosa se realizó una prueba bajo la norma AATCC método de prueba 20A-2014, para determinar que los resultados obtenidos sean verídicos.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

SUMMARY

The research was based on obtaining a cellulose base from bamboo to use as a raw material in the manufacture of textile fiber.

The use of fibers in the world has been extremely necessary to be able to manufacture items for clothing, although there is currently an excessive use of fibers of synthetic origin that do not contribute to the conservation of the planet.

There are some natural fibers of vegetable origin from which you can obtain great benefits such as bamboo which, thanks to its exceptional properties, make it a very attractive option to use as a textile fiber.

To obtain the cellulose base, two varieties of bamboo were chosen, specifically *Guadua Angustifolia* of 8.4 and 5.7 cm in diameter, because it is the best-known bamboo species in the country and is the best known. Obtaining 18 samples of each one to be able to determine the parameters necessary to obtain the cellulose base, these being: temperature, time, NaOH concentration and chip size. Following a physical process in terms of obtaining the *Guadua Angustifolia* chips and a chemical process using sodium hydroxide to separate the lignin and obtain bamboo cellulose. A statistical analysis was also carried out to verify that the data obtained were reliable.

Finally, the composition was determined in percentages that are obtained from cellulose base for each 10 grams of bamboo chips, as well as the percentages of lignin were determined. To verify that the result obtained if it corresponds to a cellulose base, a test was carried out under the AATCC standard, test method 20A-2014, to determine that the results obtained are true.

Keywords: Bamboo, *Guadua Angustifolia*, textile fiber, cellulose base

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

El Hombre y su afán de satisfacer sus necesidades de protección del cuerpo lo ha llevado a encontrar la forma de obtener fibras textiles, ya que “Desde la Prehistoria el ser humano manejo pieles animales y fibras vegetales para cubrir su cuerpo” (Alfaro, 1984, p. 71). De igual manera Pesok (2012) menciona que ya se usaban pieles de animales para cubrir el cuerpo desde tiempos remotos, la vestimenta ha sido una de las aplicaciones más importantes especialmente como una segunda piel, la vestimenta le ha protegido del calor y del frío, luego se sustituyó las pieles del cazador paleolítico, por los textiles del agricultor neolítico, aunque desde el Neolítico, y hasta pasada la mitad del siglo XIX, el hombre solo dispuso de fibras naturales para elaborar hilados con los que tejería telas para después, con estas, confeccionar vestimentas y otros artículos textiles, entre las fibras textiles naturales utilizadas por el Hombre se destacan cuatro: el algodón, el lino, la lana y la seda (p.4).

Al igual que la tecnología y el hombre los textiles también fueron evolucionando y es así como empezaron a desarrollarse fibras de origen diferente a las ya conocidas como es el caso del Poliéster que según Gacén (1983) en 1947 se concretó un acuerdo para que la sociedad empiece a explotar, desarrollar y producir el polímero y la fibra de Poliéster, como consecuencia del éxito resultó que en 1954 entró en funcionamiento una planta con capacidad para producir unas 5000 toneladas de fibras. Desde ese entonces las fibras sintéticas obtenidas del petróleo se convirtieron en las fibras mayormente utilizadas

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

para la fabricación de ropa ya sea por su apariencia o precio que resulta ser más conveniente en comparación con las fibras de origen natural.

Actualmente no solo se compra ropa por necesidad de cubrir los cuerpos sino más bien por vanidad, por moda, por querer tener sus closets repletos de ropa, cuando incluso parte de esa ropa es usada por poco tiempo y reemplazada por otra que este a la vanguardia de la moda. Esto es lo que hace la sociedad consumista del presente. “Cada año se producen alrededor de 80.000 millones de prendas en el mundo, el equivalente a un poco más de 11 prendas por habitante del planeta cada año” (Siegle, 2011), aunque cabe mencionar que el consumo de prendas no está distribuido de forma homogénea por la desigualdad social y económica que existe alrededor del mundo.

En un estudio de los desechos textiles realizado por (Greenpeace, 2012) menciona lo siguiente:

La “desechabilidad” es algo clave en este volumen de negocio tan grande. La poca calidad de muchos productos sumada a los bajos precios motiva la necesidad de cambiar de ropa habitualmente y que por tanto, los ciclos de vida cada vez sean más cortos, incluso cuando el tejido en sí podría durar décadas. Gran parte de esta ropa desechada llega a los vertederos o se incinera. En Alemania, se tira cada año un millón de toneladas de ropa. En EE.UU., los 13,1 millones de toneladas de productos textiles generados en 2010 supusieron un 5,3 % de los residuos municipales, mientras que en Reino Unido, es un millón de toneladas al año a veces da la sensación que la ropa es de “usa y tirar” (p.2).

El excesivo uso de fibras sintéticas es un problema que afecta a todas las personas por la gran contaminación que produce, ya que por el hecho de ser fibras derivadas del petróleo tardaran años y años en descomponerse afectando de manera directa al ambiente.

1.1 Antecedentes

El Ecuador según el Instituto Oceanográfico de la Armada (2011) tiene una extensión Continental de 262.826 Km² y una región Insular de 7. 844 Km², totalizando una extensión territorial de 270.670, la Cordillera de los Andes atraviesa al Ecuador de norte a sur, dividiendo al territorio continental en tres regiones naturales que son:

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

región litoral o costa, región interandina o sierra, región oriental o Amazonía, y como cuarta región a la región insular o islas Galápagos. “A pesar de su limitada extensión territorial Ecuador es uno de los 18 países que han sido clasificados como megadiversos por el grupo Conservación Internacional” (EL Telégrafo, 2016, p.33) también el Ministerio de Turismo (2014) menciona que, gracias a su ubicación en el centro del mundo, el Ecuador concentra en un pequeño territorio la diversidad del planeta que se conjuga en la Cordillera de los Andes, costas paradisíacas, misteriosas y profundas selvas amazónicas y un tesoro único en el mundo que constituye un laboratorio natural llamado Galápagos. Todos estos parajes de cuento, en los que se desarrolla una fauna y flora privilegiadas, concentran un 10% de todas las especies de plantas que hay en el mundo.

El Instituto Oceanográfico de la Armada (2011) expresa que, el Ecuador por su posición geográfica se encuentra exclusivamente en la zona ecuatorial-tropical, pero debido a factores como son la influencia del mar, con la presencia de la corriente fría de Humboldt y de la corriente cálida de Panamá, que combinado con la orientación perpendicular de los Andes a los vientos Alisios, dan como resultado una climatología muy variada que contiene una verdadera gama de subclimas, microclimas y topoclimas. La variedad de climas hace que el Ecuador sea un país en el cual se desarrollaren casi todo tipo de plantas.

Entre la gran variedad de plantas que se desarrollan en el Ecuador está también el bambú “... se encuentra en todas las provincias del Ecuador, sin embargo cuenta con mayor presencia en Guayas, Manabí, Pichincha, Napo, Los Ríos, la Península de Santa Elena y Santo Domingo de los Tsáchilas, donde se encuentran las mayores concentraciones (naturales y plantadas)” (PRO ECUADOR, 2016, p.5).

En el Diario La hora (2010) se expresa que, lamentablemente en el país no existe o no se cuenta con un lugar donde se pueda procesar o dar un valor agregado a la caña guadua (especie de bambú en el Ecuador), los únicos usos de esta planta son: para la construcción (cabañas, casas, andamios) para las artesanías (muebles) o para el agro (apuntalar el maracuyá y sostener el peso de los racimos en las bananeras).

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

A pesar de que en el Ecuador el bambú es muy conocido por todos y en ocasiones también utilizado en varias actividades, todavía existe desconocimiento con respecto al uso de esta planta para la obtención de fibras de uso textil a pesar de que si existen un conocimiento de las excepcionales bondades que brinda esta fibra. La mayoría de personas que ya trabajan con tela de bambú, la importan desde países lejanos como China y la India.

La idea de poder fabricar fibra de bambú en el país no es tan descabellada por lo que se pretende empezar por la obtención de la base de celulosa que supone es el primer paso para obtener la fibra, esta iniciativa le permitiría al bambú remplazar a fibras sintéticas que generan contaminación al ambiente, además que es una planta cuyo crecimiento no afecta a la tierra en donde crece por el contrario le brinda beneficios al aire, puede crecer sin necesidad del uso de pesticidas característica que la hace sobresalir, incluso más que el algodón. Además que es una alternativa para fomentar el desarrollo económico y social del país.

1.2 Importancia

Considerando los efectos negativos que acarrea el uso de fibras sintéticas en el mundo y sobre todo en el Ecuador, la presente investigación pretende tratar de minimizar estos efectos que generan a la vez un inmenso impacto ambiental negativo en todas sus direcciones, a través de la obtención de base de celulosa para ser utilizada como materia prima en la fabricación de fibras textiles, este proyecto es considerado sustentable ya que el bambú crece fácil y rápidamente sin necesidad de cuidados excesivos, además en el informe de PRO ECUADOR (2016) se menciona que, ciertas iniciativas están dispuestas a trabajar de manera conjunta, entre instituciones privadas y públicas, para garantizar calidad, volumen y relaciones a largo plazo, las empresas buscan que los pequeños productores de bambú se sumen a los procesos de valor agregado para disminuir la cadena de intermediación y establecer relaciones comerciales justas, donde predominan dos aspectos: 1) El fortalecimiento de todos los actores de la cadena de valor y 2) Las negociaciones enfocadas en ganar - ganar.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

La presente investigación tiene una importancia relacionada directamente con el crecimiento económico y social del país, sobre todo en estos tiempos de crisis que afectan a incontables países que por defecto también afectan al Ecuador, esta investigación está encaminada a demostrar que el bambú brinda un sinnúmero de beneficios entre ellos esta: el empleo no solo a los sectores agrícolas quienes se dedican al cultivo y cuidado de bambú sino también a quienes intervienen en el proceso de transformación de la materia prima en productos como fibras textiles, también se verán beneficiados las personas quienes hagan uso de prendas hechas de bambú ya que las propiedades que ofrecen este tipo de fibras son incomparables y realmente superiores a cualquier otra fibra, pero el mayor beneficiario será el planeta Tierra quien necesita que más personas se preocupen y ocupen de realizar tareas que ayuden a preservar el hogar de los seres vivos que habitan en ella.

1.3 Objetivo General

Obtener base de celulosa a partir del bambú para utilizarla como materia prima en la fabricación de fibra textil.

1.4 Objetivos Específicos

Analizar la obtención de base de celulosa a partir del bambú, a través de fuentes bibliográficas, para el desarrollo de la presente investigación.

Determinar los parámetros adecuados de temperatura, tiempo y concentración, mediante la transformación de dos variedades de bambú, para obtener base de celulosa.

Analizar la composición química de la base de celulosa, mediante pruebas de laboratorio, para determinar la más adecuada.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Evaluar los resultados, a partir de los datos obtenidos, para determinar el proceso adecuado de base de celulosa.

1.5 Características del sitio del proyecto

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la provincia de Imbabura cantón Ibarra, sector Azaya en las calles Luciano Solano Sala y Morona Santiago en los laboratorios textiles de la Planta Académica Textil de la Universidad Técnica del Norte.



Figura 1. Ubicación geográfica del sitio de la investigación

Fuente: Yacelga, 2017

Los laboratorios están equipados con maquinaria y equipos de última tecnología, para poder brindar servicios a empresas públicas, privadas y a todo el público en general, en todo lo referente, en cuanto a pruebas físicas y químicas textiles se requiera, las mismas que son realizadas bajo normas que garantizan de calidad de los textiles.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Los equipos que forman partes del laboratorio textil son: cortadora circular, equipo de ensayo martindale, equipo de medir resistencia al rasgado, lupa conta hilos, cámara de comparación de colores, espectrofotómetro de mesa, medidor de pH digital, thermaplete, espectrofotómetro de absorción atómica, máquina de tintura ir, torsiómetro, dinamómetro, flexiburn, trufade, perspirómetro, registrador electrónico de temperatura y humedad relativa, spray de permeabilidad, wascator, medidor de resistencia a la arruga del tejido, medidor de resistencia al dobles del tejido e incubator - estufa eléctrica.



Figura 2. Edificio de la carrera de ingeniería textil y laboratorio de proceso textiles

Fuente: Yacelga, 2017

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado Actual

Actualmente alrededor del mundo existen todo tipo de industrias cada una con diferentes actividades económicas, aunque todas deberían realizar sus actividades en base al desarrollo, pero no solo económico sino más bien en base al desarrollo sostenible al respecto Foladori & Pierri (2001) expresan que, este término fue definido en la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, de la cual surge el documento denominado “Nuestro Futuro Común”, más conocido como informe Brundtland, este documento mantiene la idea de que los conceptos de medio ambiente y desarrollo son inseparables y que se debería dejar de verlos como cuestiones separadas, pues avanzan en pro de un mismo objetivo y se encuentran inevitablemente ligados, en el informe se define al desarrollo sostenible de la siguiente manera “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las propias” Esta definición es muy conocida pero muy pocas veces es puesta en práctica, Pese que en cada rincón se escuchan los términos sostenibilidad y sustentabilidad casi siempre, es simplemente slogan.

A pesar de que el país no es considerado como un país industrializado, si existen varias empresas dedicadas a la elaboración de textiles como hilos, telas, ropa, entre otros, estas fábricas se encuentran distribuidas en todo el país como lo explica PRO ECUADOR (2012) que manifiesta que, las empresas dedicadas a la actividad textil en el país se encuentran ubicadas en diferentes provincias, siendo Pichincha, Guayas, Azuay,

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Tungurahua, Imbabura las de mayor producción, seguidas de Chimborazo, Cotopaxi, El Oro y Manabí, con menor actividad pero igual de importante. Cabe resaltar que la materia prima (algodón, chips de poliéster, nylon, acrílico..) necesaria para la elaboración de hilos es importada de diferentes países: asiáticos, europeos o traídos desde Estados Unidos, pero porque no producir la materia prima necesaria para la elaboración de fibra textil, una opción extremadamente llamativa es el bambú, con lo que se podría obtener fibras de origen natural que no sean tan perjudiciales para el ambiente como si los son las fibras sintéticas que generan contaminación desde la producción de la materia prima hasta cuando se deshace de los productos fabricados con los mismos.

En Ecuador si existe una ligera tendencia a aprovechar las bondades que ofrece el bambú pero no se enfoca esta tendencia a la utilización del bambú como fibra textil solo está inclinado en el ámbito de la construcción, la cestería o decoración o simplemente se lo exporta en bruto a diferentes países.

2.1.1 Bambú

“El bambú, también conocido como “acero vegetal”, es una de las especies más versátiles de la naturaleza” (PRO ECUADOR, 2016, p.3) en cambio Kumar (1997) se refiere al bambú como una gramínea leñosa de porte arbóreo de la que existen más o menos alrededor de 1250 especies agrupadas en alrededor de 75 géneros, se cree que apareció en la Tierra hace unos 250 millones de años, cuando los dinosaurios eran todavía las especies animales dominantes. En la actualidad, su área de distribución abarca las zonas tropicales, subtropicales y templadas de todas las regiones excepto Europa y Asia occidental.

“El bambú es un importante recurso forestal, tiene un ciclo de crecimiento corto, altamente reciclable, y es un material natural que protege el medio ambiente, su utilización es milenaria” (Muñoz, Quintana & Hidalgo, 2011, p.10), de igual forma Kumar (1997) menciona que el bambú es tal vez la planta de crecimiento más rápido del planeta, además de que ocupa también un lugar muy destacado en la producción de biomasa, llegando a rendir hasta 40 toneladas por hectárea al año dependiendo de la variedad, el tallo del bambú es la parte más importante de la planta desde el punto de vista

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

económico, alcanza más de 40 m en algunas especies en un plazo de tres o cuatro meses. Así también el bambú se adapta al entorno ya que soporta una amplia gama de suelos pobres o ricos en minerales y de condiciones de humedad del suelo desde sequías hasta inundaciones.

Deshpande, Bhaskar & Lakshmana (1999) en su artículo científico mencionan que, el bambú tiene una estructura única, que se asemeja a la de un compuesto unidireccional de fibra reforzada con muchos nodos a lo largo de su longitud. La disponibilidad actual de fibras de bambú es limitada porque muy pocos esfuerzos se han dedicado a la extracción de las fibras de bambú. Debido a la falta de disponibilidad, sólo un puñado de estudios están disponibles sobre las propiedades de estas fibras y su uso.

2.1.2 Producción de bambú en el Ecuador

Añazco & Rojas (2015) en su publicación mencionan que, en Ecuador se han registrado 44 especies de bambúes distribuidas en siete géneros: *Arthrostylidium* con tres especies; *Aulonemia* con cinco especies; *Chusquea* con 18 especies; *Guadua* con cinco especies, *Neurolepis* con 11 especies, *Phipidocladum* con una especie y *Rhipidocladum* con una especie. Siendo 11 de estas especies endémicas. También existen otros géneros conocidos como falsos bambúes o pseudobambúes entre los cuales se tienen el carrizo *Arundo donax*L., cañaveral *Gynerium sagittatum*, carricillo *Lasiacis divaricata*, *duda* *Aulolemia longiaristata* y *A. kueko*, siksi *Cortaderia* spp y tunda *Arundinella* spp.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Especies nativas de bambú en el Ecuador

No.	Especie	No.	Especie	No.	Especie
1	Arthrostyidium ecuadorensis Judziewicz & L.G. Clark	16	C. loxensis L.G. Clark	31	G. perligulata
2	A. simpliciusculum (Pilger) McClure	17	C. macclurei L.G. Clark	32	Neurolepis aperta (Munro) Pilger
3	A. youngianum L.G. Clark & Judziewicz	18	C. neurophulla L.G. Clark	33	N. aristata (Munro) A. Hitchcock
4	Aulonemia Haenkei (Ruprecht) McClure	19	C. perligulata (Pilger) McClure	34	N. asymmetrica L.G. Clark
5	A. hirtula (Pilger) McClure	20	C. aff. Polyclados Pilger	35	N. elata (Kunth) Pilger
6	A. longiristata L.G. Clark & X. Londoño	21	C. scandens Kunth	36	N. fimbriiligulata ssp. Fimbriiligulata L.G. Clark
7	A. patula (Pilger) McClure	22	C. serpens L.G. Clark	37	N. nana L.G. Clark
8	A. queko Goudot	23	C. simpliciflora Munro	38	N. nobilis (Munro) Pilger
9	Chusquea albilanata L.G. Clark & X. Londoño	24	C. subulata L.G. Clark	39	N. rigida L.G. Clark
10	C. exasperata L.G. Clark	25	C. tessellata Munro	40	N. stuebelii (Pilger) Pilger
11	C. falcata L.G. Clark	26	C. uniflora Steudel	41	N. villosa L.G. Clark
12	C. lehmannii ssp. Lehmannii Pilger	27	Guadua angustifolia Kunth	42	N. weberbaueri Pilger
13	C. Lehmannii ssp. Farinosa L.G. Clark & X. Londoño	28	G. superba Huber	43	Phipidocladum harmonicum (Parodi) McClure
14	C. loenardiorum L.G. Clark	29	G. weberbaueri Pilger	44	Rhipidocladum racemiflorum (Steudel) McClure
15	C. londoniae L.G. Clark	30	G. latifolia		

Figura 3: Especies nativas de bambú en el Ecuador

Fuente: Adaptado de INBAR, 1998 “Bamboo for Sustainable Development. International Bamboo Congress”, Tokyo

PRO ECUADOR (2016) No se tiene datos precisos de la superficie del territorio ecuatoriano que se encuentra cubierta con bambú, pero se estima que supera las 15,000 ha, de las cuales el 60% son manchas naturales con predominancia de *Guadua angustifolia* y el 40% corresponde a plantaciones donde se utiliza las especies *G. angustifolia*, *Dendrocalamus asper* y en menor proporción *Phyllostachys aurea* y *Bambusa vulgaris*.

De acuerdo a los datos del Banco Central del Ecuador, durante el período 2011-2015 las exportaciones de bambú han presentado una Tasa de Crecimiento Promedio Anual (TCPA) del 89.49% en valor y del 35.91% en volumen, registrando durante el año 2015 exportaciones de USD 107 mil en valor FOB y 85 toneladas.

Principales provincias productoras de Bambú en el Ecuador

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

(Checa, 2016) menciona que en el país la variedad que se está cultivando es la *Guadua Angustifolia*, esto se debe a que este tipo de caña es apta para los distintos factores climáticos que existen en Ecuador, en el país se encuentran las principales plantaciones de caña guadua en las provincias de la costa en Guayas, Manabí, Esmeraldas, Los Ríos, El Oro, en algunas provincias de la sierra como Pichincha, Santo Domingo de los Tsachilas, Bolívar, Cañar.

PRO ECUADOR (2016) en su publicación menciona que la especie *Guadua Angustifolia* Kunt, también conocida como Caña Guadua, es la de mayor importancia económica, seguida del *Dendrocalamus Asper* (bambú gigante), especie introducida hace más de 30 años y que está siendo usada, principalmente.

2.1.3 *Guadua Angustifolia*

Añazco & Rojas (2015) expresa que, la *Guadua Angustifolia* fue identificada en el año 1806 primero por los botánicos Alexander von Humboldt y Amadeo Bonpland como *Bambusa guadua*, posteriormente en 1822 el botánico alemán Karl S. Kunth identifica el género *Guadua*, haciendo uso del vocablo indígena “guadua”, con el que lo identificaban las comunidades indígenas de Colombia y Ecuador. Kunth rebautiza la especie con el nombre de *Guadua angustifolia*, que significa “hoja angosta”.

En el diario La Hora se describe al bambú como “el vegetal que pertenece botánicamente a la familia Poaceaea, especie *Guadua Angustifolia*” (Canelos, 2003, párr.5), por su parte Stern (2001) afirma que, en el Ecuador exactamente en la costa ecuatoriana existe una sola especie nativa de bambú arborescente y esa es la *Guadua angustifolia*. Localmente se distingue entre diferentes variedades, conocidas como caña brava, caña mansa, cebolla, etc. Todas esos bambúes son de la misma especie *G. angustifolia* pero tienen aspectos físicos diferentes por las procedencias de las plantas madres y las diversas condiciones ecológicas.

“La Caña guadua no es un árbol, es una HIERBA o PASTO gigante” (Velasco, 2002, p.14), CORPEI – CBI (2005) menciona que, la guadua ha sido una compañera de la humanidad desde épocas muy tempranas pero que en el siglo XXI se cree que

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

dejará de ser un material de uso local y de bajo costo para pasar a ser un producto industrializado de reconocimiento global.

Características de la Guadua Angustifolia

Velasco (2002) en su investigación sostiene que la Guadua Angustifolia tiene un tallo o culmo recto ligeramente arqueado en la punta, y está formado por muchos nudos y entrenudos llamados "canutos" y además desarrolla su altura definitiva en los 6 meses de crecimiento y su madurez entre los 3 a 5 años, además “alcanzan hasta 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro” (Añazco & Rojas, 2015, p.12) y en cuanto a “La relación resistencia/peso la hace tan importante como las mejores maderas, con una ventaja a su favor y es la de ser un recurso natural renovable de rápido crecimiento y fácil manejo, que además aporta importantes beneficios ecológicos durante su crecimiento (CORPEI – CBI, 2005)

“Además, entre todos los bambúes americanos se distingue como una de los 20 mejores del mundo por sus excelentes propiedades físico-mecánicas aplicadas en el sector de la construcción y con mucha potencialidad de ser industrializada” (PRO ECUADOR, 2016, p.5)

Características Físicas la Guadua Angustifolia

Moreno, Trujillo & Osorio (2007) citan algunos datos:

Contenido de humedad promedio = 7,1;

Densidad aparente promedio = 1,4;

Porcentaje de adsorción de agua = 45,88;

2.1.4 Características de la planta de bambú.

Algunos autores (Novais, s,f), (Mercado & Molina, 2015) describen algunas de las características de la planta de bambú

- No requiere el uso de pesticidas en el plantío.
- No es atacado por plagas, ni infectado por hongos.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

- Posee agentes naturales bactericidas y desodorizantes.
- 100% biodegradable por microorganismos y luz solar.
- Contribuye en la conservación de los suelos y a su recuperación, evitando la erosión; debido a la presencia de sus abundantes rizomas debajo de la tierra forma un sistema de red que fija fuertemente las partículas de suelo.
- Regulación de aguas, los guaduales que se encuentran en las riberas almacenan grandes cantidades de agua en su sistema radicular tanto en su parte aérea como en el suelo; en épocas de sequía el agua retenida es regresada al caudal.
- Conservación y mejoramiento de la calidad del aire por la captación de CO₂ en el proceso de fotosíntesis, de manera que un guadual produce una cantidad de oxígeno superior a cualquier sistema forestal sobre la misma superficie de terreno
- Su propiedad peso/resistencia comparable únicamente con el acero.
- Recurso renovable y sostenible a diferencia de especies madereras

Composición biológica

Chacón (2012) El bambú está compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina. La celulosa es un carbohidrato que forma parte fundamental de todas las plantas, la lignina es un polímero de fenilpropano. Se conoce que proporciona rigidez al tallo. Hace posible su crecimiento y mejora su capacidad de duración ante ciertos microorganismos. El módulo de elasticidad es de aproximadamente 18354.90 kg/cm² con una relación de Poisson es de aproximadamente 0.3.

En términos generales el bambú está compuesto de: 55% de celulosa, 25% de lignina, y 20% de hemicelulosa y otros. (p.7)

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

2.2 Obtención de base o pasta de celulosa

Alaejos (2003) dice que la producción de pasta procedente de bambú viene a representar el 6% del total de pasta elaborada a partir de especies no leñosas. En el año 1998 la capacidad de fabricación de pasta de bambú ascendía a 1.850 toneladas. India es el primer productor a escala mundial seguido de China. También presentan notables producciones otros países asiáticos como Bangladesh, Filipinas y Nepal (p.42.)

2.2.1 Procesos de obtención base de celulosa

Alaejos (2003) también menciona que para la producción de base de celulosa se emplean diferentes técnicas, todas ellas conducen a lograr la liberación de las fibras mediante la destrucción o debilitación de los enlaces que las mantiene unidas en una estructura bien cohesionada. Esta separación de las fibras de la madera u de otros materiales fibrosos, se logra por medios químicos o mecánicos, o mediante combinaciones de ambos procesos (p.59)

De esta forma los procesos de obtención de pasta se dividen tradicionalmente en tres grandes grupos:

Proceso	Tipo de pasta	Procedimiento	Rendimiento, %
Mecánico	Mecánica	Desfibrado mediante la acción de dos discos que giran en sentido contrario.	93 – 98
	Termomecánica	Procedimiento mecánico, con aplicación de calor para debilitar la unión entre fibras.	91 – 95
	Termoquímica	Procedimiento mecánico, con adición de agentes químicos y aplicación de calor.	65 – 90
Semiquímico	Sulfito neutro (NSSC)	Tratamiento químico (adición de sulfito y bicarbonato sódicos) previo al desfibrado mecánico.	65 – 90
Químico	Kraft ó al sulfato	Degradación de la lignina mediante una mezcla de sulfuro e hidróxido sódicos.	40 – 55
	Sulfito	Degradación de la lignina mediante mezclas de sulfito sódico con distintas bases.	45 – 60
	Alcalina	Degradación de la lignina mediante por la acción del hidróxido sódico.	45 – 55

Figura 4. Principales procesos de obtención de pasta o base de celulosa

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. FAO

Mecánicos: según Brown (2003) los procesos mecánicos trituran la madera y liberan las fibras, en este procedimiento convierte la madera en pulpa pero se conserva la

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

lignina, lo que posteriormente le da un tinte amarronado o amarillento. Este tipo de pulpa o base de celulosa se emplea principalmente para papel de periódico y otros productos.

En una publicación de SCA (2010) se menciona que este método de elaboración de pasta, fue inventado aproximadamente en 1840 y es el más antiguo. En el cual la madera es descortezada se presionan contra una muela giratoria, que separa las fibras a través de un procedimiento de arranque. Se añade agua para facilitar el proceso y también refrigerar la muela recalentada por la intensa fricción de los troncos presionados contra ella. La pasta atraviesa unas finas cribas, lo que permite sólo el paso de las fibras, depurándose además de todo material extraño, como, por ejemplo, arena o polvo (p.17)

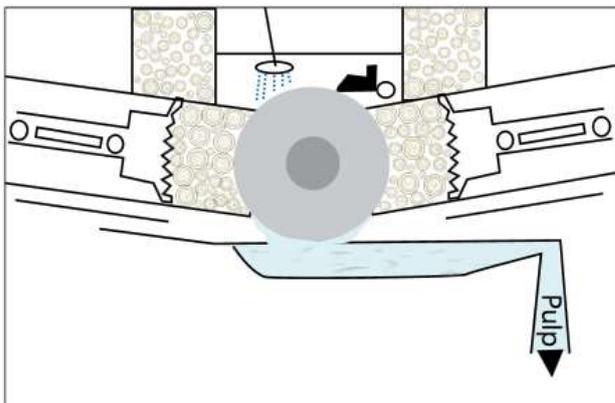


Figura 5. Ilustración del proceso mecánico

Fuente: Ilustrador Voith AG

Semiquímicos: “Corresponden a una mezcla de los procesos mecánico y químico” (Cerutti, 2016, p.11), por su parte León y Fuentes (2012) mencionan que los procesos semi-químicos son una variante de los procesos químicos, con un menor ataque del reactivo (lo que hace menos costoso el proceso). El producto obtenido es menos puro que en el caso de los procesos químicos, pero tienen mejor rendimiento en comparación con los procesos químicos (p.39).

Químicos: Brown (2003) menciona que la madera es transformada primero en pequeñas astillas y luego sometida a un cocimiento con productos químicos, seguido por

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

un proceso de refinado. La extracción química separa la lignina de la celulosa para que ésta quede como producto final. Eso se logra mediante hidrólisis (reacción con agua) en condiciones de mayor temperatura, con uso de productos químicos y con un gran consumo de energía.

León y Fuentes (2012) por su parte mencionan que existen dos procesos químicos principales: el método alcalino y el método del sulfito (p.38)

Método alcalino: Los principales procesos son el del sulfato o kraft y el de la soda cáustica. En ambos, se realiza una cocción de las astillas o chips de madera en hidróxido de sodio, químico que se regenera, en el primer caso, con la adición de sulfuro de sodio y, en el segundo, con carbonato de sodio o soda cáustica. (León & Fuentes, 2012, p.38)

El proceso del sulfato o kraft “El proceso Kraft fue descubierto por Dahl en el año 1879” (Stepaniuk, 2013). En la revista (LIGNUN, 2014) se describe al proceso kraft y se menciona lo siguiente:

El método Kraft consiste en introducir la madera en digestores a alta temperatura, donde mediante el uso de una mezcla de hidróxido, carbonato, sulfato y sulfuro de sodio se disuelve la lignina y se producen mercaptanos, sustancias orgánicas azufradas de olor muy desagradable. Luego se separa la fibra del líquido que contiene sales orgánicas de sodio y que constituye el licor negro, que se lleva a la caldera recuperadora donde en base a altas temperaturas sus compuestos orgánicos son transformados en carbonato y los sulfatos reducidos por el calor a sulfuros. Este proceso permite una alta recuperación de los desechos y una escasa contaminación ambiental. (p.2)

Según Greenpeace (2006) dice que en este método se forma una pasta marrón y produce emisiones tóxicas al aire, como dióxido de azufre, en cantidades que varían entre 1 y 3 kg por tonelada de pasta. Las aguas residuales, licor negro, resultantes de la cocción de la madera son muy contaminantes y a menudo son tratadas, depuradas y recicladas para recuperar el sulfuro de sodio y la soda cáustica (p.4).

En un informe del Ministerio del Ambiente de España (2006) hace referencia a que actualmente, el proceso kraft es el proceso de fabricación de pasta químico

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

dominante en el mundo debido a las superiores características de resistencia de la pasta en comparación con el proceso al sulfito, a su aplicación a todas las especies de madera, y a los eficaces sistemas de recuperación de productos químicos que se han desarrollado y aplicado.

Textos Científicos (2005) ha descrito unas características del proceso kraft por el cual lo han llevado a ser el más empleado, pueden citarse, en resumen:

- Posibilidad de utilización de cualquier especie de madera, por lo que se consigue una gran flexibilidad al suministro de madera
- Buena tolerancia en las astillas de una cantidad relativamente grande de corteza
- Tiempos de cocción breves, con lo que aumenta la velocidad del proceso
- Menores problemas de deposiciones sólidas (alquitrán)
- Excelente resistencia de la pulpa, debido a la alta concentración de lignina residual
- Buen conocimiento y eficiencia del proceso de recuperación del licor gastado
- Obtención de productos secundarios valioso: trementina y tall oil
- Como inconveniente más notable cabe citar la dificultad de control de olores sulfurosos, los cuales aparecen a concentraciones de incluso partes por mil millones, y que son difíciles de evitar.

Proceso a la sosa: “El proceso a la sosa es el más antiguo y hoy solo se usa ocasionalmente para la producción de pastas” (García, 1992) y “el proceso de soda cáustica se emplea para materias primas que no son madera” (Cerutti, 2016) y “utiliza únicamente hidróxido sódico para la digestión” (Teschke y Demers, s.f.)

En cuanto al proceso a la sosa utilizando antraquinona Alaejos (2003) expresa que es aplicable sobre todo a las maderas de frondosas y a los materiales no madereros, en los casos en los que los requerimientos en cuanto a la resistencia de la pasta no sean muy elevados, también menciona que en este proceso se forma “la lejía” es una disolución de hidróxido sódico que, en concentración del 8 al 15% dependiendo de la materia prima utilizada, y temperaturas del orden de 170°C, disuelve la madera y algo de celulosa. Al

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

final del proceso de digestión se obtiene junto a las astillas cocidas un líquido oscuro, denominado lejía negra o residual, que contiene productos de degradación de lignina y celulosa, sales sódicas, lignofenolatos y el exceso de hidróxido sódico no consumido en el proceso. (p.61-62)

(Feng, 2002) se refiere a la antraquinona de la siguiente manera:

La antraquinona, y otros compuestos cuya estructura está relacionada con ella, tienen un efecto muy señalado en las pastas producidas por proceso a la sosa, incluso cuando se agregan en cantidades muy pequeñas. Así, la adición de antraquinona a la lejía utilizada en las cocciones a la sosa en cantidades tan reducidas como 0,05 a 0,10% de la madera, produce velocidades de deslignificación, rendimientos en pasta y propiedades de resistencia del papel análogas a las que se obtendrían mediante el proceso kraft. Este aditivo también es usado frecuentemente en procesos alcalinos con todo tipo de materiales no madereros. (p.56)

Método del sulfito: “El proceso al sulfito fue inventado por el químico americano Benjamín Che Silgan, quien encontró que tratando a la madera con soluciones de bisulfito y ácido sulfuroso, se podían obtener fibras celulósicas” (Da Silva, 2009, p.36), “Existen varios procesos, pero todos involucran la cocción de las astillas en compuestos de sulfito que ayudan a separar las fibras fácilmente. Este proceso produce una pasta más clara, débil y suave” (León, 2012, p.39), por su parte Besberg (2010) dice que pueden utilizarse diferentes tipos de bases para la realización de este proceso, pero su elección es muy importante ya que en función de ella los rangos de temperaturas y de PH son diferentes (p.5)

A continuación se detallan las ventajas y desventajas de este proceso según (Textos Científicos, 2005)

Ventajas principales

- Alto rendimiento
- Bajo costo de reactivos respecto a los métodos alcalinos

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

- Alta blancura de las pulpas no blanqueadas, que permite utilizarlas muchas veces directamente sin blanquear
- Fácil blanqueabilidad de las pulpas con los agentes simples disponibles

Desventajas evidentes

- Número reducido de especies leñosas que pueden ser utilizadas
- Resistencia de pulpa reducida respecto a otros métodos químicos

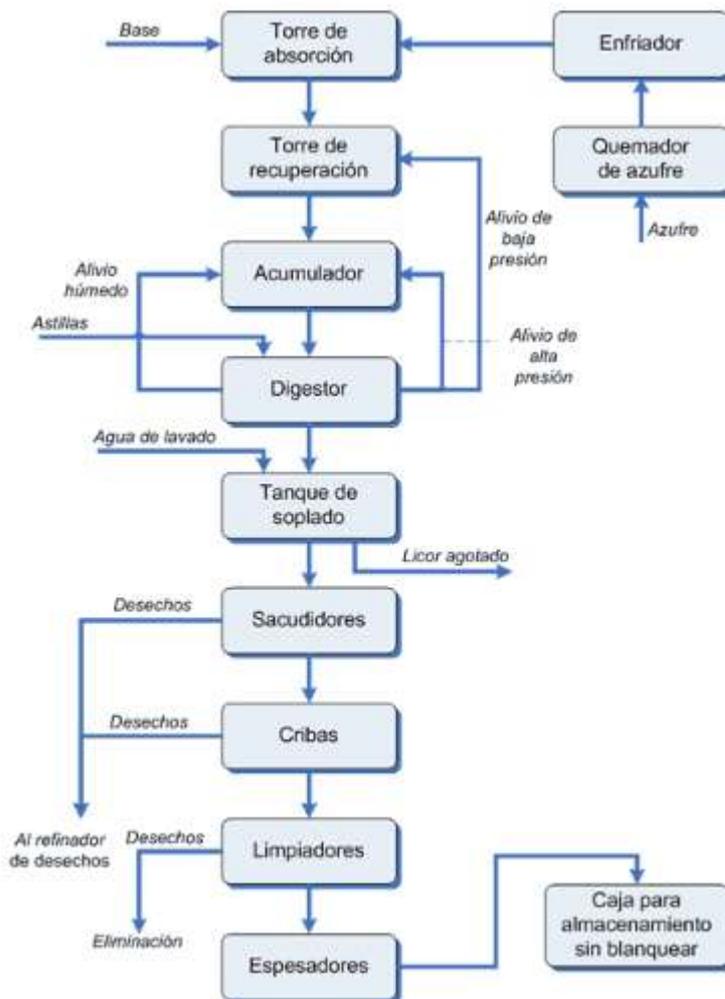


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso químico al sulfito

Fuente: (Textos Científicos, 2005)

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

2.3 Biopolímeros

2.3.1 Definición

Díaz, Muñoz, Montoya, Cádiz, & Hernández (2010) mencionan en su literatura que, los biopolímeros son sustancias químicas producidos por organismos vivientes y que constituyen una rama de la ciencia muy amplia y los ejemplos más característicos son la celulosa, almidón, péptidos, proteínas, quitina, RNA y DNA, en los cuales las unidades monoméricas son aminoácidos, nucleótidos y azúcares. El biopolímero más común es la celulosa, y además es el compuesto orgánico más común en todo el planeta tierra: por ejemplo, conforma cerca del 90% del algodón y 50% de la madera. (p.2)

Por su parte Martucci & Ruseckaite en su artículo comentan que, “Los biopolímeros son una nueva generación de materiales que todavía están en desarrollo y que han atraído la atención como posibles materiales de sustitución de plásticos convencionales debido al creciente interés en el desarrollo sostenible” (Martucci & Ruseckaite, 2010, p.584) y en cuanto a los impactos ambientales que producen los polímeros sintéticos Rendón, Ortíz, Tovar, & Flores (2016) mencionan que una solución podría ser las mezclas con diferentes tipos y fuentes de materiales biológicos, llamados biopolímeros, como el almidón, la celulosa, el quitosano, la zeína, la gelatina entre otros y que estos reemplazarían gradualmente los polímeros sintéticos para abordar y resolver problemas ambientales. (p.151)

(Thangavelu & Subramani, 2016) se refiere en cuanto los biopolímeros de la siguiente manera:

Los biopolímeros, que son polímeros biológicos o biológicamente derivados, son una fuente de fibras libre de petróleo para la industria textil y tienen un impacto positivo significativo al reducir la dependencia de los combustibles fósiles, así como la huella de carbono y pueden incluso ofrecer beneficios de coste y durabilidad En comparación con los textiles sintéticos. (p.1)

2.3.2 Clasificación de los biopolímeros según su fuente

Clasificación de los biopolímeros según su fuente realizada por Valero, Ortegón, & Uscategui (2013):

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Los biopolímeros se pueden clasificar según su fuente: de las cuales se analizarán los biopolímeros más importantes del mercado divididos en tres subgrupos:

- Biopolímeros extraídos directamente de la biomasa: como (almidón y celulosa) y proteínas
- Biopolímeros biodegradables basados en monómeros bioderivados: como aceites vegetales y ácido láctico)
- Biopolímeros sintetizados por microorganismos (polihidroxicanoatos (PHA) (p.172)

Biopolímeros extraídos directamente de la biomasa:

Biopolímeros basados en almidón

“Es una materia prima ampliamente disponible en la tierra. Presenta diferentes aplicaciones industriales en campos como alimentos, papel, textiles y adhesivos” (Avérous, 2004, p.243), “Estructuralmente, el almidón consiste de dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), en el cual algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua [...]” (Hernández, Torruco, Chel, & Betancur, 2008, p.718)

Y un grupo de autores mencionan que, “el almidón es un polímero con alto potencial de utilización en la síntesis de materiales biodegradables. Sin embargo, su uso tiene limitaciones debido a su baja resistencia a la humedad, baja procesabilidad e incompatibilidad con algunos polímeros hidrofóbicos” (Valero, Pulido, Hernandez, Ramírez, & Posada, 2009, p.221)

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Biopolímeros basados en celulosa

En cuanto a este tipo de biopolímeros Klemm, Heublein, Fink, & Bohn (2005) mencionan que, los biopolímeros basados en celulosa se producen mediante modificación química de celulosa natural. Los principales representantes son el celofán, el acetato de celulosa, el éster de celulosa, la celulosa regenerada para fibras y los biomateriales compuestos de celulosa. (p.3371)

“Desde el punto de vista actual, la celulosa es la más polímero orgánico común, que representa aproximadamente $1,5 \times 10^{12}$ toneladas de la producción total anual de biomasa, y se considera fuente casi inagotable de materia prima [...]” (Klemm, Heublein, Fink, & Bohn, 2005, 3359)

En el algodón, la celulosa está disponible en su forma prácticamente pura; por el contrario, en la madera está presente junto con lignina y otros polisacáridos. (Ortegón, Uscategui, & Valero, 2013, p.174) En esta clasificación se encuentra también el bambú y otras especies maderas y no madereras que contienen celulosa.

Biopolímeros obtenidos a partir de monómeros bio-derivados

Aceites vegetales

“Hoy en día los aceites vegetales son una de las fuentes más importantes en la síntesis de biopolímeros. Los aceites vegetales pueden ser obtenidos de plantas y, en su mayoría, están compuestos por triglicéridos” (Caylı & Küsefoğlu, 2008)

Poli(ácido láctico) (PLA)

El poli(ácido láctico) es un polímero sintético termoplástico de la familia de los poliésteres alifáticos derivado al 100% de materias primas renovables, que se producen a partir del ácido láctico (Ardila, Estupiñán, Vásquez, & Peña, 2011, p.2948). “El ácido láctico se produce por fermentación anaerobia de substratos que contengan carbono” (Wenga, Jina, Menga, Wanga, Zhanga & Wang, 2013, p.918), este biopolímero presenta algunas ventajas que a continuación Rasala, Janorkar, & Douglas (2010) expresan, los biopolímeros Poli(ácido lácticos) son biodegradables, reciclables, compostables y son

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

biocompatibles, es decir, no produce efectos tóxicos o cancerígenos en los tejidos locales.
(p.339)

Biopolímeros producidos por los organismos directamente

Poli(hidroxicanoatos) (PHA)

En la publicación Mutlu y Meier mencionan que, los biopolímeros son poliésteres sintetizados por ciertas bacterias que los acumulan como reservas de carbono y energía, en forma de gránulos intra-citoplasmáticos, constituidos por unidades repetitivas de diversos hidroxiácidos o mezclas de ellos, producidos mediante fermentación de materias primas renovables (Mutlu & Meier, 2010)

Biopolímeros regenerados

Klemm, et al. (2005) expresaron que los polímeros regenerados de celulosa se utilizan mezclados con otros para la fabricación de prendas de vestir y en materiales higiénicos desechables.

2.4 Investigaciones de las aplicaciones del bambú

La utilización de polímeros en la industria ha sido arduamente estudiada. En la actualidad existen un sinnúmero de investigaciones enfocadas en reforzar estos polímeros con fibras naturales, entre ellas el bambú. En una publicación de Inácio, Nonato, & Bonse (2017) menciona que, no se las ha utilizado únicamente por preocupaciones ambientales, sino también por razones económicas, de reciclaje y procesamiento.

En la Universidad de Palermo Juiz, ha investigado, analizado y desarrollado una alternativa ecológicamente sostenible para remplazar o coexistir junto con el algodón, investigación que propone la utilización de la fibra de bambú para indumentaria textil por sus propiedades excepcionales como son: la de ser una fibra antimicrobiana, proteger de la piel sensible, ser biodegradable, ser amigable con el ambiente entre otros. Se enfoca en el uso de estas fibras para ropa bebés. (Juiz, 2012)

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

La investigación desarrollado en la Universidad de los Andes en Bogotá D.C., Colombia, acerca del potencial de los laminados de guadua (*Guadua angustifolia* Kunt) como material estructural. En la que la influencia de la dirección de las fibras y de la ubicación de las láminas de guadua en las propiedades mecánicas es discutida en detalle. (Lopez & Correa, 2009, p.171)

Otra investigación realizada en Universidad Estatal de Campinas de Brazil por Inácio, Nonato, & Bonse (2017) se enfocó en realizar un reforzamiento de materiales reciclados de polipropileno con fibras de bambú en el cual se determinó que, el bambú es un material lignocelulósico de crecimiento rápido compuesto de fibras naturales de alta resistencia y es una valiosa contribución a la producción de materiales alternativos y como refuerzo de matrices y estas características han llamado la atención sobre el estudio del bambú, ya que tiene propiedades superiores a varios materiales tradicionales y se ha reportado que su resistencia específica a la tracción es seis veces mayor que la del acero, en el cual se obtuvo que al aumentar el contenido de la fibra de bambú aumentará también el módulo de tracción.

En el Ecuador también se han desarrollado investigaciones para determinar los usos que se le puede dar al bambú especialmente como fibra, como es el caso del estudio de la Universidad Salesiana sede Cuenca denominado “Obtención experimental de un material incompuesto a base de una matriz polimérica y reforzada con fibras naturales de guadua *angustifolia* proveniente del Ecuador” en cual para obtener la fibra de bambú lo hace siguiendo un proceso no industrial y utilizando hidróxido de sodio para disolver al bambú para obtener la fibra. (Valarezo, 2013)

2.5 Conceptos

2.5.1 Celulosa

La celulosa es el homopolisacárido (compuesto de un único tipo de monómero) rígido, insoluble, que contiene desde varios cientos hasta varios miles de unidades de glucosa. La celulosa tiene una estructura lineal o fibrosa, donde se establecen múltiples

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas yuxtapuestas de glucosa, haciéndolas impenetrables al agua, lo que hace que sea insoluble en agua. (Batres, 2009, p.19). Su estructura es una cadena lineal de unidades de glucopiranosas unidas entre sí por β -glicosídicos entre el carbono 1 de una unidad y el grupo hidroxilo del carbono 4 de otra unidad. Es decir, consiste en largas cadenas de anillos de seis eslabones en la conformación silla más estable, con todos los sustituyentes más voluminosos en las posiciones ecuatoriales. (Farrás, García, & Urpí, 2000, p.1179)

La celulosa es el componente fundamental de la pared de las células vegetales en plantas, madera y fibras naturales, y se encuentra combinada, generalmente, con sustancias como la lignina, hemicelulosas, pectinas y ácidos grasos y tienen aplicación textil. (Sanz, s.f, p.1)

2.5.2 Hemicelulosa

Las hemicelulosas son polisacáridos no celulósicos que aparecen en las paredes celulares, estando compuestas de hexosas, pentosas y en la mayoría de los casos de ácidos urónicos. Las hemicelulosas pueden constituir hasta un 25% en las maderas. (Blasco, 1970, p.94)

La hemicelulosa o poliosa está compuesta por diferentes azúcares formando cadenas cortas y ramificadas. EL contenido de hemicelulosa tanto en cantidad y variedad difiere mucho en función de las especies de maderas. (Nogués, García, & Rezeau, 2010, p.127). La hemicelulosa se encuentra asociada a la celulosa en paredes de células vegetales. El nombre celulosa comprende en realidad varios tipos de heteropolisacáridos de estructura no bien conocida. El peso molecular es menor que el de la celulosa y ello explica su mayor solubilidad en medios acuosos. (Hernández & Sastre, 1999, p.329)

2.5.3 Lignina

La lignina es una macromolécula fenólica compleja, es un polímero ramificado de los grupos fenilpropanoides. (Taiz & Zeiger, 2006, p.549). Es el tercer componente en

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

orden de importancia de la pared celular y “La lignina es un polímero aromático tridimensional en el cual se repiten unidades de fenilpropano con diferentes tipos de uniones (éter C – C) entre los monómeros” (Vian, 1998, p.530)

“La lignina se disuelve en NaOH concentrada y se degrada con H₂O₂ alcalina” (Primo, 1994, p.904). “Ya la separación de la lignina inalterada a partir de la madera resulta prácticamente imposible, pues la lignina no aparece jamás en forma de una sustancia pura, sino íntimamente asociada con otros componentes de la madera” (Klages, 1968), “Su misión es cementar las fibras de madera, proporcionar rigidez a las mismas y actuar como barrera contra la degradación enzimática de la pared celular” (Vian, 1998, p.530)

2.5.4 Sustancias extraíbles

Existen numerosos compuestos que pueden tener gran influencia en las propiedades y calidad de la madera, aunque ellos contribuyan sólo en algún porcentaje en la masa total de la madera. A este grupo de compuestos se les denomina comúnmente sustancias extraíbles de la madera. Las sustancias extraíbles son compuestos de bajo peso molecular que, de forma global, no suelen suponer más del 5% en relación al total de la materia seca. (Vargas, et al , 2014, p. 73)

Entre los compuestos orgánicos se pueden encontrar hidrocarburos alifáticos y aromáticos, alcoholes, fenoles, aldehídos, cetonas, ácidos alifáticos, ceras, glicéridos, y compuestos nitrogenados. Las sustancias extraíbles de la madera le otorga ciertas características de durabilidad natural frente al ataque de insectos. (Rodríguez, 1998, p.96).

2.5.5 Hidróxido de Sodio o Sosa Caustica

El hidróxido sodico o también conocido como sosa cáustica (NaOH), en condiciones normales se encuentra en estado sólido, EL NaOH presenta la característica

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

de captar la humedad ambiental, por lo que se dice que es una sustancia higroscópica; además en un fuerte corrosivo y consigue disolverse fácilmente en el agua desprendiendo grandes cantidades de calor. (Méndez, 2012), “Tienen forma de bolitas, escamas, bastoncitos, masas fundidas u otras formas, de color blanco o casi blanco” (Barros, 2009, p.676)

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Métodos de la investigación

En esta investigación se llegó a obtener base de celulosa a partir de bambú, mediante una investigación experimental y comparativa. Siguiendo un proceso físico se obtuvieron muestras de dos variedades de bambú (*Guadua Angustifolia*) de 8,4 cm y 5,7 cm de diámetros para convertirlos en chips de distintos tamaños. Estas muestras fueron trasladadas al laboratorio de la Universidad Técnica del Norte para empezar con el proceso químico, una vez obtenidos los datos de las variables adecuadas, se realizó la comparación de los parámetros propuestos en los objetivos específicos. Y para comprobar que el resultado obtenido si es base de celulosa se procedió a realizar una prueba de análisis cuantitativo siguiendo la prueba AATCC método de prueba 20A-2014.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL



Figura 7. Etapas de la investigación

Fuente: Yacelga, 2018

3.2 Diseño Muestral

Esta investigación se basó en la fase física y química del proceso de obtención de base de celulosa, pero especialmente se enfocó en la evaluación de los parámetros adecuados para obtener base de celulosa, mediante análisis comparativos entre dos variedades de Guadua Angustifolia de 8,4 y 5,7 cm de diámetro. Seleccionándose 18 muestras de cada una de las variedades de Guadua Angustifolia.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

3.2.1 Selección de las muestras

Para seleccionar las muestras se basó en el estudio de la bibliografía debido a que en ella se determinó que la especie de bambú más abundante en el país es, la Guadua Angustifolia, escogiendo así dos variedades cuyos diámetros son 8,4 y 5,7 cm.

La selección del número de muestras se hizo también en base los porcentajes de hidróxido de sodio a utilizarse, realizándose pruebas con porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, así mismo se tomó en cuenta el tamaño del chip para realizar las pruebas en los 2 tipo de Guadua Angustifolia. Realizándose entonces:

- Una prueba utilizando 5 muestras de chip de bambú con una sola pasada en un molino,
- Una prueba utilizando 5 muestras de chip de bambú con 2 pasadas en el molino
- una prueba con cinco muestras de chip de bambú con 2 pasadas dejando a maceración por un día.

Las tres pruebas mencionadas se las realizó en la máquina de tintura del laboratorio de la Planta Académica Textil de la Universidad Técnica del Norte.

También se realizó una prueba para cada tipo de Guadua Angustifolia con tres muestras de chips de bambú, con dos pasadas en el molino utilizando porcentajes de 30%, 40% y 50% de hidróxido de sodio en una máquina de tintura denominada Autoclave del laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil.

Se realizó en total 8 pruebas en las que se utilizó: 18 muestras de chips de Guadua Angustifolia de 8,4 cm y 18 muestras de chips de Guadua Angustifolia de 5,7 cm.

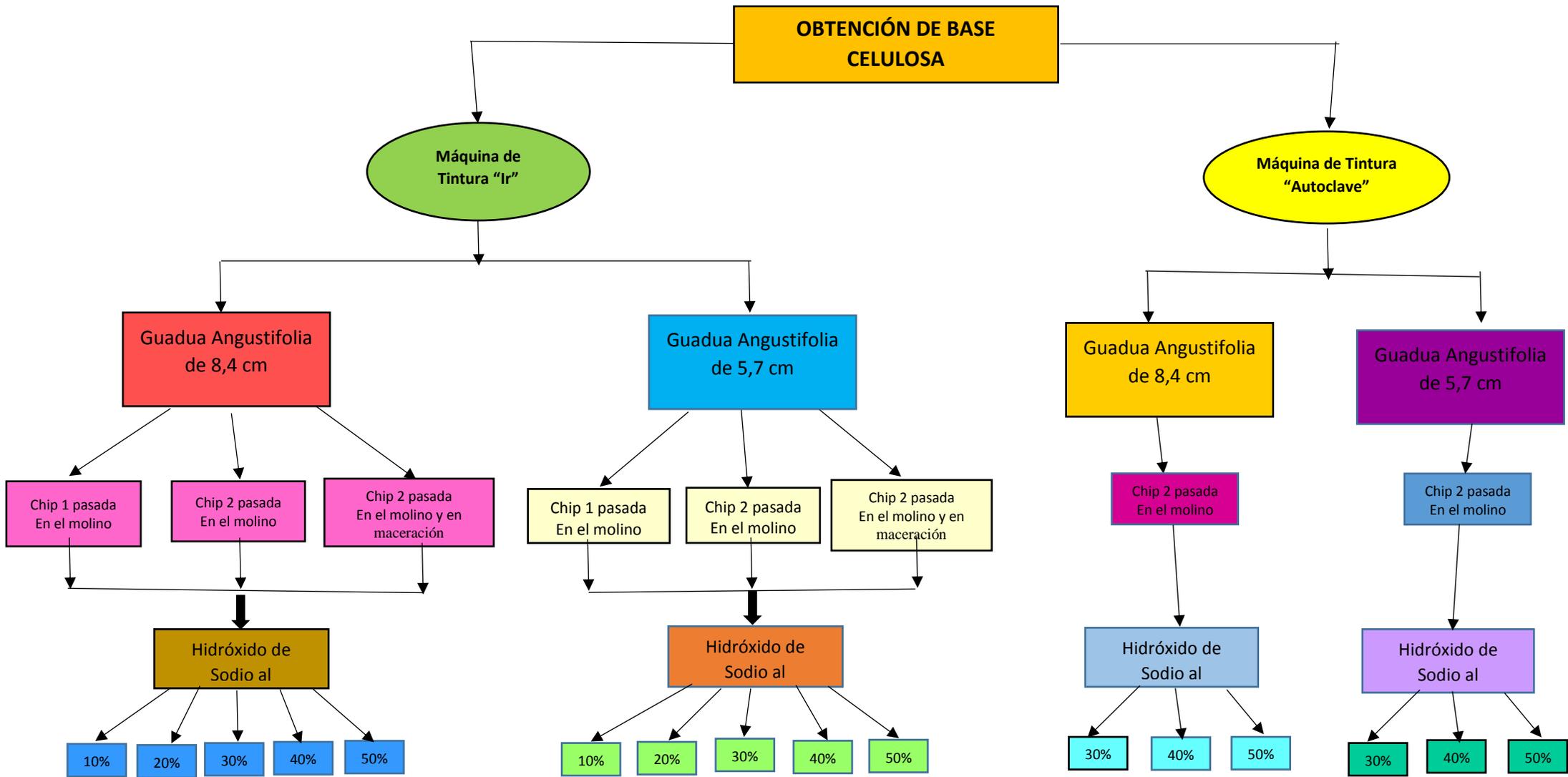


Figura 8. Flujograma Muestral

Fuente: Yacelga, 2018

3.3 Metodología de campo

La investigación se realizó en la Ciudad de Ibarra en los laboratorios de la carrera de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte, se empezó a partir de la obtención de las Guaduas Angustifolias de diámetros de 8,4 y 5,7 cm.

En la tabla 1 se describe el tipo de Guadua Angustifolia, el número de pruebas y el número de muestras de cada prueba.

Tabla 1 Números de muestras por pruebas realizadas en la Guadua Angustifolia de 8,4 y 5,7 cm de diámetro.

Tipo de Bambú	Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro.	Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro.
Número de Pruebas	4 pruebas	4 pruebas
Número de Muestras	18	18
Número de muestras por prueba	Prueba 1	5 Muestras
	prueba 2	5 Muestras
	Prueba 3	5 Muestras
	Prueba 4	5 Muestras
	Prueba 5	5 Muestras
	Prueba 6	5 Muestras
	Prueba 7	3 muestras
	Prueba 8	3 muestras

Fuente: Yacelga, 2018

3.3.1 Proceso de Obtención de Chips de Guadua Angustifolia

A continuación se describirán los materiales y los pasos realizados, para la obtención de los chips de los 2 tipos de bambú:

1. Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro.
2. Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

1.- Se empezó reduciendo los tallos de *Guadua Angustifolia* a rodajas de tamaños de 1,5 y 1 cm de largo con la ayuda de una sierra eléctrica.

2.- Luego se procedió a golpear las rodajas con un combo o martillo para deshacer las rodajas de *Guadua Angustifolia* y convertirlos en trozos más pequeños.

3.- Seguidamente se utilizó un molino casero para obtener los chips de bambú con tamaños de 15mm x 3mm y 10mm x 1mm, moliéndose una y dos veces respectivamente, los chips se los recogió un recipiente metálico.

Materiales:

- *Guadua Angustifolia* de 8,4 cm y 5,7 cm de diámetro
- 1 sierra eléctrica
- 1 molino casero
- 1 martillo o combo
- 2 recipiente metálico

3.3.2 Proceso de Obtención de base de Celulosa en máquina de tintura "Ir"

Una vez obtenidos los chips de las 2 variedades de *Guadua Angustifolia* se procede a realizar el proceso de obtención de base de celulosa, cabe resaltar que el proceso que se detallará a continuación es el mismo para las pruebas 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

1.- Se comenzó pesando en una balanza electrónica, 10 gramos de chips para cada muestra (5 muestras por prueba).

2.- A continuación también se pesó 1, 2, 3, 4 y 5 gramos de hidróxido de sodio correspondientes a los porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%,

3.- Luego se midió 100 ml de agua en una probeta, debido a que se utilizó una relación de baño 1:10.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

4.- A continuación se colocó el agua, el hidróxido de sodio y los chips de bambú en el orden mencionado en los tubos de la máquina de tintura “Ir”. (Solo en el caso de las pruebas 3 y 6 se procede a mantener en maceración los tubos por un tiempo de 24 horas)

5.- Ya preparados los tubos se procedió cerrarlos e introducirlos en la máquina de tintura “Ir” la cual se programó para que trabaje bajo los siguientes parámetros:

- Temperatura= 130 °C con una gradiente de 2 °C/min,
- Rpm= 15 rpm
- Tiempo= 6 horas. (3 horas un día y 3 horas el día siguiente) esto, por cuanto en la máquina Ir no se podía colocar los tubos por 6 horas continuas debido al sistema eléctrico de la máquina.

6.- Una vez transcurrido el tiempo de permanencia en la máquina de tintura, se sacó los tubos y posteriormente se enfriaron con agua fría.

7.- Inmediatamente se procedió a cernir las muestras con una tela muy fina para separar la base de celulosa (que se encuentra en estado sólido) de la lignina (que se encuentra en estado líquido).

8.- Luego la lignina se depositó en vasos de precipitación mientras que la base de celulosa se queda en la fina tela.

9.- Ya obtenida la base de celulosa en estado sólido se procedió a lavarla para eliminar cualquier residuo de lignina líquida el mismo que se puede evidenciar por el color marrón que le da a la base de celulosa, se lava repetidamente hasta cuando haya quedado libre de lignina líquida y también se haya tornado a un color más claro.

10.- Enseguida se colocó las muestras de base de celulosa en una superficie que tenga acceso directo al sol para que se sequen perfectamente (se intentó secar en un horno secador pero este procedimiento tomó mucho tiempo por cuanto de descarto).

11.- Después a la lignina que se depositó en los vasos de precipitación, se pesó y se registró los valores.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

12.- Posteriormente se colocaron los vasos de precipitación que contiene la lignina en estado líquido en una cocina a inducción para evaporar el agua y obtener la lignina en estado sólido, la misma que queda pegada en el fondo y paredes de los vasos de precipitación.

13.- Se procedió a registrar el peso de los vasos de precipitación con la lignina evaporada. Y entonces para obtener el porcentaje de lignina de cada muestra se restó el peso de los vasos de precipitación con lignina líquida menos el peso de los vasos de precipitación de lignina evaporada.

14.- De igual forma para obtener los porcentajes de base de celulosa, se pesó las muestras cuando estas estuvieron totalmente secas.

Materiales:

- Chips de Guadua Angustifolia de 8,4 cm y 5,7 cm de diámetro
- Cocina de inducción
- 1 balanza electrónica
- 5 vasos de precipitación
- 1 probeta
- 1 agitador
- 5 tubos de la máquina Ir
- Máquina Ir

Reactivos:

- Hidróxido de sodio

En la tabla 2 se detalla los parámetros utilizados para las muestras 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Así también ilustra los resultados obtenido en cada una de las muestras.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Tabla 2. Muestras de base de celulosa realizadas en máquina de tintura “Ir”. Pruebas 1, 2, 3, 4, 5 y 6

PRUEBA 1			
Especificaciones	Para las 5 muestras de la prueba 1		
Fecha: 2017/11/15	Equipo: Máquina Ir	Tiempo: 6 horas	Temperatura: 130 °C Rpm: 15
Tipo de bambú: Guadua Angustifolia de 8,4 cm de ø		Tamaño de chips: 15mm x 3mm	
R/B: 1/10	Volumen: 100ml	Macerado: No	
Muestra 1			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 10 %	Observaciones: La lignina de los chips de bambú no se ha desintegrado, por cuanto permanecen casi intactos.	Resultado: 	
Muestra 2			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 20 %	Observaciones: La lignina tampoco se ha desintegrado y no se nota la base de celulosa.	Resultado: 	
Muestra 3			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 30 %	Observaciones: La lignina ya empieza a desintegrarse y empieza a notarse la base de celulosa.	Resultado: 	
Muestra 4			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 40 %	Observaciones: Se observa que la lignina se ha desintegrado mejor y que existe un mayor porcentaje de base de celulosa.	Resultado: 	

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Muestra 5				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 50 %	Observaciones: Existe mayor cantidad de lignina sin desintegrarse que con un 40%	Resultado: 		
PRUEBA 2				
Especificaciones	Para las 5 muestras de la prueba 2			
Fecha: 2017/11/20	Equipo: Máquina Ir	Tiempo: 6 horas	Temperatura: 130 °C	Rpm: 15
Tipo de bambú: Guadua Angustifolia de 8,4 cm de ø			Tamaño de chips: 10mm x 1mm	
R/B: 1/10	Volumen: 100ml		Macerado: No	
Muestra 6				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 10 %	Observaciones: La lignina permanece casi intacta y no se ha desintegrado.	Resultado: 		
Muestra 7				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 20 %	Observaciones: La lignina sigue presente en la muestra ya que sigue unida a la celulosa sin desintegrarse.	Resultado: 		
Muestra 8				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 30 %	Observaciones: Se observa que la base de celulosa empieza a desprenderse de la lignina.	Resultado: 		
Muestra 9				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 40 %	Observaciones: La base de celulosa se encuentra con menos lignina, ya que esta se	Resultado: 		

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

	ha desintegrado en mayor proporción.			
Muestra 10				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 50 %	Observaciones: De igual forma la lignina se ha desintegrado, pero existen mejoras con respecto a la muestra 9.	Resultado: 		
PRUEBA 3				
Especificaciones	Para las 5 muestras de la prueba 3			
Fecha: 2017/11/23	Equipo: Máquina Ir	Tiempo: 6 horas	Temperatura: 130 °C	Rpm: 15
Tipo de bambú: Guadua Angustifolia de 8,4 cm de ø			Tamaño de chips: 10mm x 1mm	
R/B: 1/10	Volumen: 100ml		Macerado: Si	
Muestra 11				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 10 %	Observaciones: La lignina permanece casi intacta y no se evidencia su desintegración.	Resultado: 		
Muestra 12				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 20 %	Observaciones: La lignina ya empieza a desintegrarse pudiéndose ver ya la base de celulosa.	Resultado: 		
Muestra 13				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 30 %	Observaciones: La lignina está mucho más desintegrada y se empieza a notar la base de celulosa.	Resultado:		

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

			
Muestra 14			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 40 %	Observaciones: Existe poca lignina sin desintegrar, y se aprecia mayor cantidad de base de celulosa.	Resultado: 	
Muestra 15			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 50 %	Observaciones: Hay aún lignina sin desintegrar pero en igual proporción que en la muestra 14, no se evidencias mejoras.	Resultado: 	
PRUEBA 4			
Especificaciones	Para las 5 muestras de la prueba 4		
Fecha: 2017/11/29	Equipo: Máquina Ir	Tiempo: 6 horas	Temperatura: 130 °C Rpm: 15
Tipo de bambú: Guadua Angustifolia de 5,7 cm de ø		Tamaño de chips: 15mm x 3mm	
R/B: 1/10	Volumen: 100ml	Macerado: No	
Muestra 16			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 10 %	Observaciones: Existe mínima desintegración de la lignina.	Resultado: 	
Muestra 17			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 20 %	Observaciones: La lignina empieza a desintegrarse de mejor forma.	Resultado: 	

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Muestra 18				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 30 %	Observaciones: Se aprecia mayor cantidad de base de celulosa libre de lignina.	Resultado: 		
Muestra 19				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 40 %	Observaciones: Se observa que existe más cantidad la base de celulosa y que contiene mínima cantidad de lignina.	Resultado: 		
Muestra 20				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 50 %	Observaciones: Se observa de igual forma más porcentaje de celulosa.	Resultado: 		
PRUEBA 5				
Especificaciones	Para las 5 muestras de la prueba 5			
Fecha: 2017/11/29	Equipo: Máquina Ir	Tiempo: 6 horas	Temperatura: 130 °C	Rpm: 15
Tipo de bambú: Guadua Angustifolia de 5,7 cm de ø			Tamaño de chips: 10mm x 1mm	
R/B: 1/10	Volumen: 100ml		Macerado: No	
Muestra 21				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 10 %	Observaciones: La lignina ha empezado a desintegrarse.	Resultado: 		
Muestra 22				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 20 %	Observaciones: Se observa como la lignina se ha desprendido de mejor forma, permitiendo así que se pueda ver	Resultado: 		

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

	a la base de celulosa un poco más pura.		
Muestra 23			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 30 %	Observaciones: La lignina sigue desintegrándose en mayor proporción, dejando mayor cantidad de base de celulosa libre.	Resultado: 	
Muestra 24			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 40 %	Observaciones: Existe mínima cantidad de lignina, siendo casi en su totalidad solo base de celulosa.	Resultado: 	
Muestra 25			
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 50 %	Observaciones: De igual forma existe una mínima cantidad de chips sin desintegrarse la lignina predominando la base de celulosa.	Resultado: 	
PRUEBA 6			
Especificaciones	Para las 5 muestras de la prueba 6		
Fecha: 2017/12/14	Equipo: Máquina Ir	Tiempo: 6 horas	Temperatura: 130 °C
Tipo de bambú: Guadua Angustifolia de 5,7 cm de ø		Tamaño de chips: 10mm x 1mm	
R/B: 1/10	Volumen: 100ml		Macerado: Si
Muestra 26			
Materiales: Peso Chips = 10 gr	Observaciones:	Resultado:	

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

NaOH = 10 %	La lignina empieza a desprenderse de los chips de bambú, dejando libre a la base de celulosa.	
Muestra 27		
<p>Materiales:</p> <p>Peso Chips = 10 gr NaOH = 20 %</p>	<p>Observaciones:</p> <p>Se puede apreciar una base de celulosa en la que la lignina está más degradada que la anterior muestra.</p>	<p>Resultado:</p> 
Muestra 28		
<p>Materiales:</p> <p>Peso Chips = 10 gr NaOH = 30 %</p>	<p>Observaciones:</p> <p>Se observa una base de celulosa en la que la presencia de lignina empieza a ser escasa.</p>	<p>Resultado:</p> 
Muestra 29		
<p>Materiales:</p> <p>Peso Chips = 10 gr NaOH = 40 %</p>	<p>Observaciones:</p> <p>Se observa una base de celulosa con la lignina aparentemente casi libre de lignina rígida y dura.</p>	<p>Resultado:</p> 
Muestra 30		
<p>Materiales:</p> <p>Peso Chips = 10 gr NaOH = 50 %</p>	<p>Observaciones:</p> <p>Existe muy poco porcentaje de lignina pero no es mejor que la muestra 29.</p>	<p>Resultado:</p> 

Fuente: Yacelga, 2018

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

En la tabla se han detallado todos los parámetros utilizados en las pruebas (1, 2, 3, 4, 5, 6), así también los porcentajes de hidróxido de sodio utilizados en cada una de las muestras y el resultado que se ha obtenido en una cada una de ellas, permitiendo observar la base de celulosa de cada muestra realizada en la máquina Ir.

3.3.3 Proceso de Obtención de base de Celulosa en máquina de tintura "Autoclave"

El proceso de obtención de base de celulosa en la máquina Autoclave es el mismo proceso seguido anteriormente en la máquina Ir, con la diferencia que se usa la máquina autoclave para realizar las pruebas 7 y 8. Y que trabaja con diferentes especificaciones

- Temperatura = 150 °C
- Tiempo = 6 horas, (6 continuas el mismo día, aunque se mantuvo el mismo tiempo en la maquina Autoclave que las muestras colocadas en la máquina Ir)
- El movimiento que realiza esta máquina es de forma ascendente y descendente por lo que no existen valores de rpm.

En la tabla 3 se detalla los parámetros utilizados para las muestras 7 y 8. Así también ilustra el resultado obtenido en cada una de las muestras.

Tabla 3 Muestras de base de celulosa realizadas en máquina de tintura "Autoclave".
Pruebas 7 y 8

PRUEBA 7				
Especificaciones	Para las 3 muestras de la prueba 7			
Fecha: 2017/12/20	Equipo: Autoclave	Tiempo: 6 horas	Temperatura: 150 °C	Rpm: 0
Tipo de bambú: Guadua Angustifolia de 8,4 cm de ø			Tamaño de chips: 10mm x 1mm	
R/B: 1/10	Volumen: 100ml		Macerado: No	
Muestra 31				
Materiales:	Observaciones:		Resultado:	

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Peso Chips = 10 gr NaOH = 30 %	No existe porcentaje considerado de lignina, ya que se aprecia que ha sido en gran parte desintegrado			
Muestra 32				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 40 %	Observaciones: Se observa una base de celulosa óptima, con mínimos porcentajes de chips que no han sido desintegrados la lignina.	Resultado: 		
Muestra 33				
Fecha: 2018/01/02 Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 50 %	Observaciones: Se observa que la base de celulosa tiene poca cantidad de lignina pero no menos de lo que contiene la muestra 32.	Resultado: 		
<p align="center">PRUEBA 8</p>				
Especificaciones	Para las 3 muestras de la prueba 8			
Fecha: 2018/01/02	Equipo: Autoclave	Tiempo: 6 horas	Temperatura: 150 °C	Rpm: 0
Tipo de bambú: Guadua Angustifolia de 5,7 cm de ø			Tamaño de chips: 10mm x 1mm	
R/B: 1/10	Volumen: 100ml	Macerado: No		
Muestra 34				
Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 30 %	Observaciones: La lignina esta desintegrada de forma que la base de celulosa empieza a liberarse de ella.	Resultado: 		
Muestra 35				
Fecha: 2018/01/05 Materiales:	Observaciones: Se aprecia que la base de celulosa es buena ya que aparentemente	Resultado:		

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Peso Chips = 10 gr NaOH = 40 %	la lignina ha sido casi desintegrada en su totalidad.	
Muestra 36		
Fecha: 2018/01/05 Materiales: Peso Chips = 10 gr NaOH = 50 %	Observaciones: Se nota como la lignina se ha desintegrado permitiendo una base de celulosa libre de lignina pero no existe mejores resultados que cuando se usó un 40% de NaOH.	Resultado: 

Fuente: Yacelga, 2018

En la tabla se han detallado todos los parámetros utilizados en las pruebas (7 y 8), así también los porcentajes de hidróxido de sodio utilizados en cada una de las muestras y el resultado que se ha obtenido en una cada una de ellas, permitiendo observar la base de celulosa de cada muestra realizada en la máquina Autoclave.

3.3.4 Proceso del análisis cuantitativo según la norma AATCC, método de prueba 20A -2014

A continuación se detalla el proceso seguido para determinar la composición de la muestra y poder comprobar que los resultados obtenidos de los porcentajes de base celulosa, si sean realmente celulosa. Para ellos se siguió la norma AATCC cuyo proceso es el siguiente.

1.- Se pesó 1 gramo de una muestra (muestra número 35) de base de celulosa, previamente obtenida.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

2.- Para realizar la prueba se utilizó agua y Ácido sulfúrico en una relación 30% agua y 70 % ácido sulfúrico, es decir se usó 4,5 ml de agua y 10,5 ml de ácido sulfúrico. Primero se midió los 4,5 ml de agua con una pipeta y una pera de succión y se colocó en un vaso de precipitación de 50 ml.

3.- Seguidamente se midió los 10,5 ml de ácido sulfúrico y se procedió a colocarlo en el vaso de precipitación que se encontraba con el agua. (Se colocó como se lo debe hacer, primero el agua y luego el ácido, por la reacción exotérmica que produce la reacción química)

4.- Una vez lista la solución, se procedió a colocar la base de celulosa en el vaso de precipitación, para empezar a agitar con un agitador y promover la desintegración de la base de celulosa.

5.- Cuando transcurrió un tiempo prudente, se filtró el residuo sobrante.

6.- Luego se lavó para eliminar los rastros del ácido sulfúrico.

7.- El residuo que quedó, eran diminutos pedazos de lignina que no fueron degradados durante el proceso, a estos se los colocó en un horno para poder eliminar el exceso de humedad.

8.- Finalmente estos trocitos se pesaron y se obtuvo el resultado.

Materiales:

- 1 vaso de precipitación
- 1 agitador
- 1 balanza electrónica
- 1 pera de succión
- 2 pipetas (5 y 10 ml)

Reactivos:

Ácido sulfúrico

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

3.4 Métodos y Técnicas

La evaluación de los resultados se lo hizo a través de un método comparativo gracias a este se pudo observar y explicar la diferencia que existió en cada muestra realizada en las 2 variedades de Guadua Angustifolia por medio de datos estadísticos como la varianza.

3.5 Procesamiento de datos

Los datos obtenidos se procesaron con la ayuda de programas informáticos como Word, Excel y Past 3. Los mismos que sirvieron para realizar tablas y gráficos para ayudar a la comprensión de los resultados ya que de esta forma se hace más claro y fácil de entender e interpretar los resultados obtenidos durante la presente investigación.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos en las diferentes etapas de la investigación. Se detallan los resultados de los porcentajes de lignina y base de celulosa obtenida de los dos tipos de *Guadua Angustifolia*, además se hace una comparación de los resultados de las 18 muestras realizadas en cada tipo de Bambú, enfocándose directamente en los parámetros utilizados en cada prueba. Finalmente se hace un análisis estadístico para verificar el grado de confiabilidad de los valores de los resultados obtenidos.

4.1 Resultados

4.1.1 Preparación de los tubos de la máquina de tintura

Del proceso de preparación de los tubos se obtuvieron los resultados que se detallan a continuación

4.1.1.1 Pesos de las muestras de chips de bambú

En la tabla 4 se indica el número, peso y diámetro del tipo de *G. Angustifolia* utilizado en cada muestra.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Tabla 4. Peso de las muestras realizadas en todas las pruebas

N° de Muestra	Peso chips (gr)	Diámetro de G. Angustifolia	N° de Muestra	Peso chips (gr)	Diámetro de G. Angustifolia
1	10	8,4 cm	19	10	5,7 cm
2	10	8,4 cm	20	10	5,7 cm
3	10	8,4 cm	21	10	5,7 cm
4	10	8,4 cm	22	10	5,7 cm
5	10	8,4 cm	23	10	5,7 cm
6	10	8,4 cm	24	10	5,7 cm
7	10	8,4 cm	25	10	5,7 cm
8	10	8,4 cm	26	10	5,7 cm
9	10	8,4 cm	27	10	5,7 cm
10	10	8,4 cm	28	10	5,7 cm
11	10	8,4 cm	29	10	5,7 cm
12	10	8,4 cm	30	10	5,7 cm
13	10	8,4 cm	31	10	8,4 cm
14	10	8,4 cm	32	10	8,4 cm
15	10	8,4 cm	33	10	8,4 cm
16	10	5,7 cm	34	10	5,7 cm
17	10	5,7 cm	35	10	5,7 cm
18	10	5,7 cm	36	10	5,7 cm

Fuente: Yacelga, 2018

Cada peso de la muestra fue realizado en una balanza electrónica cuando la *Guadua Angustifolia* se encontraba en forma de chip.

4.1.1.2 Parámetros utilizados en las muestras de *Guadua Angustifolia* de 8,4 cm de \varnothing

En la tabla 5 se describe la concentración de Hidróxido de sodio, temperatura, tiempo, rpm, tamaño de chips y tipo de maquina utilizada para realizar las distintas pruebas con la *Guadua Angustifolia* de 8,4 cm de \varnothing .

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Tabla 5. Parámetros utilizados en las muestras de Guadua Angustifolia de 8,4 cm de ϕ .

N° de Muestra	% NaOH	Temperatura	Tiempo	Rpm	Tamaño chip (altura x ancho)	Nombre Máquina
1	10%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
2	20%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
3	30%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
4	40%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
5	50%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
6	10%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
7	20%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
8	30%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
9	40%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
10	50%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
11	10%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
12	20%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
13	30%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
14	40%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
15	50%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
31	30%	150 °C	6 horas	0	10mm x 1 mm	Autoclave
32	40%	150 °C	6 horas	0	10mm x 1 mm	Autoclave
33	50%	150 °C	6 horas	0	10mm x 1 mm	Autoclave

Fuente: Yacelga, 2018

4.1.1.3 Parámetros utilizados en las muestras de Guadua Angustifolia de 5,7 cm de ϕ

En la tabla 6 se describe la concentración de Hidróxido de sodio, temperatura, tiempo, rpm, tamaño de chips y tipo de maquina utilizada para realizar las distintas pruebas con Guadua Angustifolia de 5,7 cm de ϕ .

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Tabla 6. Parámetros utilizados en las muestras de Guadua Angustifolia de 5,7 cm de ϕ .

N° de Muestra	% NaOH	Temperatura	Tiempo	Rpm	Tamaño chip (altura x ancho)	Nombre Máquina
16	10%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
17	20%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
18	30%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
19	40%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
20	50%	130 °C	6 horas	15	15mm x 3mm	lr
21	10%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
22	20%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
23	30%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
24	40%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
25	50%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
26	10%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
27	20%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
28	30%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
29	40%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
30	50%	130 °C	6 horas	15	10mm x 1 mm	lr
34	30%	150 °C	6 horas	0	10mm x 1 mm	Autoclave
35	40%	150 °C	6 horas	0	10mm x 1 mm	Autoclave
36	50%	150 °C	6 horas	0	10mm x 1 mm	Autoclave

Fuente: Yacelga, 2018

4.1.2 Porcentajes de lignina y base de celulosa de la *G. angustifolia*

4.1.2.1 Porcentajes de lignina y base de celulosa de la *G. Angustifolia* de 8,4 cm de ϕ

En la tabla 7 se describe los valores de los porcentajes de lignina y celulosa obtenidos de las pruebas realizadas de las muestras de la *G. Angustifolia* de 8,4 cm de diámetro.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Tabla 7 Porcentajes de lignina y base de celulosa de la G. angustifolia de 8,4 cm de ϕ

Nº de Prueba	Nº de muestra	Porcentajes (%) lignina	Porcentajes (%) de base de celulosa	Porcentaje de NaOH utilizado
Prueba 1	1	27,40	70,40	10,00
	2	37,60	56,40	20,00
	3	46,50	56,20	30,00
	4	58,70	38,80	40,00
	5	55,00	47,50	50,00
Prueba 2	6	29,20	66,20	10,00
	7	38,60	50,00	20,00
	8	46,80	36,20	30,00
	9	55,00	35,00	40,00
	10	62,40	35,60	50,00
Prueba 3	11	27,20	90,20	10,00
	12	37,90	74,60	20,00
	13	52,70	56,70	30,00
	14	64,00	44,00	40,00
	15	62,50	46,00	50,00
Prueba 7	31	44,00	58,70	30,00
	32	53,70	48,00	40,00
	33	51,20	44,80	50,00

Fuente: Yacelga, 2018

4.1.2.2 Porcentajes de lignina y base de celulosa de la G. Angustifolia de 5,7 cm de ϕ

En la tabla 8 se detallan los valores numéricos de los porcentajes de lignina y celulosa obtenidos durante el proceso de obtención de base de celulosa de la G. Angustifolia de 5,7 cm de ϕ

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Tabla 8 Porcentajes de lignina y base de celulosa de la G. Angustifolia de 5,7 cm de ϕ

N° de Prueba	N° de muestra	Porcentajes (%) lignina	Porcentajes (%) de base de celulosa	Porcentaje de NaOH utilizado
Prueba 4	16	33,20	70,80	10,00
	17	41,20	60,10	20,00
	18	42,20	56,10	30,00
	19	54,20	53,50	40,00
	20	59,70	50,00	50,00
Prueba 5	21	26,20	72,50	10,00
	22	37,20	58,80	20,00
	23	42,50	53,30	30,00
	24	56,90	46,20	40,00
	25	64,70	49,70	50,00
Prueba 6	26	25,50	70,60	10,00
	27	34,20	60,80	20,00
	28	44,20	58,10	30,00
	29	57,60	50,90	40,00
	30	66,90	54,30	50,00
Prueba 8	34	44,10	56,50	30,00
	35	38,30	55,70	40,00
	36	43,00	53,00	50,00

Fuente: Yacelga, 2018

4.1.3 Resultados de la prueba AATCC método de prueba 20A-2014

Como resultado de la prueba se obtuvo que la muestra de Guadua Angustifolia no es 100% base de celulosa ya que se encontraron trocitos de lignina sin desintegrarse, obteniéndose así un 90,4% de base de celulosa y 9,6% de lignina que no puso ser completamente destruida en el proceso.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

En la tabla 9 se indica los parámetros y resultados obtenidos en la realización del análisis cuantitativo de las muestra número 35 (muestra cuyos resultados fueron superiores).

Tabla 9 Resultados del análisis cuantitativo según la norma AATCC método de prueba 20A-2014

DATOS	Peso inicial (muestra 35) = 1 gr		Resultado 
	Peso final (lignina) = 0,096 gr		
	Agua= 4,5 ml		
	Acido Sulfurico= 10,5 ml		
RESULTADOS			Observaciones:
Material	Base de Celulosa	Lignina	Se obtuvo residuos de lignina
Porcentaje	90,40%	9,60%	

Fuente: Yacelga, 2018

4.2 Análisis y Evaluación de Resultados

Con los resultados obtenidos, es decir los valores numéricos de los parámetros que se tomaron en consideración para realizar cada una de las muestras se procedió a realizar un análisis estadístico como son las medias estadísticas, la varianza y el test de normalidad con sus diferentes métodos.

4.2.1 Análisis estadístico de los parámetros utilizados para la obtención de base de celulosa.

4.2.1.1 Análisis estadístico de los porcentajes de lignina y base de celulosa de las pruebas realizadas en la G. Angustifolia de 8,4 cm de ϕ

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

El análisis estadístico se realizó luego de obtener los valores de los porcentajes de lignina y base de celulosa de la Guadua Angustifolia de 8,4 cm de ϕ de las 15 muestras realizadas en la maquina “Ir” y las 3 muestras realizadas en la maquina “autoclave”, como se observa a continuación en la tabla 10.

Tabla 10. Análisis estadístico de las pruebas realizadas en la G. Angustifolia de 8,4 cm de ϕ

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Porcentajes (%) lignina	18	850,4	47,24444444	145,2532026		
Porcentajes (%) de base de celulosa	18	955,3	53,07222222	221,6127124		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor critico para F
Entre grupos	305,6669444	1	305,6669444	1,66636873	0,20545446	4,130017746
Dentro de los grupos	6236,720556	34	183,4329575			
Total	6542,3875	35				
Total	14095,68833	53				

Fuente: Yacelga, 2018

En el caso de las muestras realizadas de Guadua Angustifolia de 8,4 cm de ϕ , se trabajó con un nivel de significancia de 0,05 y una confiabilidad del 95%, hallándose que el valor p es mayor de alfa, por cuanto se acepta la hipótesis nula, siendo la media confiable.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Tabla 11. Test de Normalidad de las pruebas realizadas en la G. Angustifolia de 8,4 cm de diámetro.

	A	B
N	18	18
Shapiro-Wilk W	0,9336	0,9248
p(normal)	0,2245	0,1573
Anderson-Darling A	0,3746	0,4356
p(normal)	0,3768	0,2658
p(Monte Carlo)	0,3816	0,2742
Jarque-Bera JB	1,163	2,376
p(normal)	0,5592	0,3048
p(Monte Carlo)	0,3168	0,0921

Fuente: Yacelga, 2018

Se realizó el test de Normalidad para encontrar la hipótesis nula, utilizando los métodos Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Jarque-Bera JB, p(normal) y p(Monte Carlo). Encontrándose que los valores en todos los métodos son mayores a 0,05, por consiguiente se puede decir que los datos son normales y tienen una confiabilidad de un 95%, y se acepta la hipótesis nula.

Tabla 12. Análisis estadístico de las pruebas realizadas en la G. Angustifolia de 5,7 cm de ϕ

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Porcentajes (%) lignina	18	811,8	45,1	152,8176471		
Porcentajes (%) de base de celulosa	18	1030,9	57,27222222	55,9374183		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1333,466944	1	1333,466944	12,77542121	0,001076095	4,130017746
Dentro de los grupos	3548,836111	34	104,3775327			
Total	4882,303056	35				

Fuente: Yacelga, 2018

En el caso de las muestras realizadas de *Guadua Angustifolia* de 5,7 cm de ϕ , se trabajó con un nivel de significancia de 0,05 y una confiabilidad del 95%, hallándose que el valor p es menor de alfa, por cuanto se rechaza la hipótesis nula, siendo poco confiable la media en ciertos casos.

Tabla 13. Test de Normalidad de las pruebas realizadas en la *G. Angustifolia* de 5,7 cm de ϕ

	A	B
N	18	18
Shapiro-Wilk W	0,9486	0,9003
p(normal)	0,4041	0,05819
Anderson-Darling A	0,3993	0,7253
p(normal)	0,3275	0,04795
p(Monte Carlo)	0,3308	0,0483
Jarque-Bera JB	0,7735	2,12
p(normal)	0,6793	0,3465
p(Monte Carlo)	0,5365	0,1015

Fuente: Yacelga, 2018

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Se realizó el test de Normalidad para encontrar la hipótesis nula, utilizando los métodos Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Jarque-Bera JB, p(normal) y p(Monte Carlo). Encontrándose que los valores en los métodos p(normal) y p(Monte Carlo) son menores a 0,05 y los valores en los métodos Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Jarque-Bera JB son mayores a 0,05, por consiguiente se puede decir que los datos tienen una confiabilidad de un 95%, y se acepta la hipótesis nula.

4.2.2 Diagramas de las pruebas realizadas en la investigación

Prueba 1

Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la primera prueba utilizando 5 muestras de *Guadua Angustifolia* de 8,4 cm de diámetro, mediante los valores de la tabla 7.

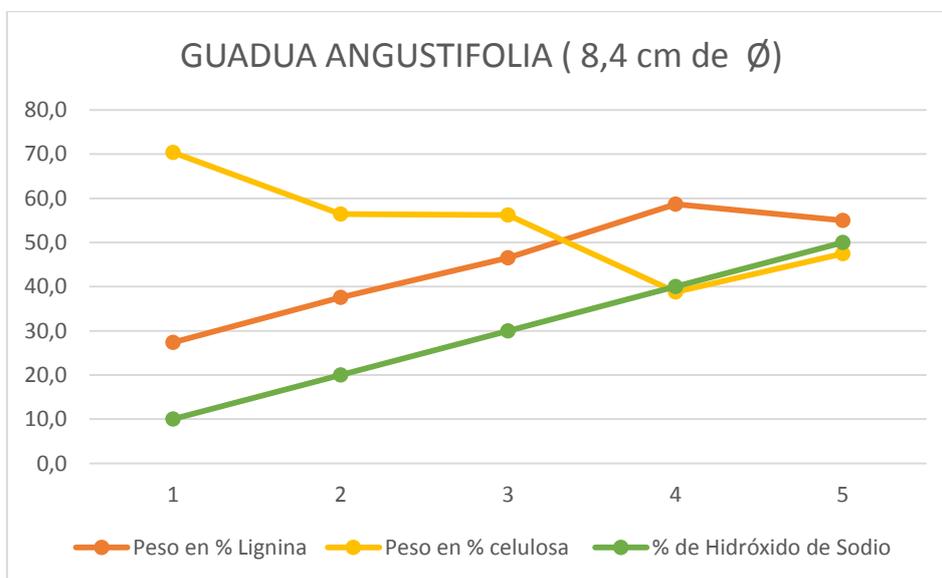


Figura 9. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 1

Fuente: Yacelga, 2018

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

En la figura 9 se observa que a medida que el porcentaje de base de celulosa sube el porcentaje de lignina disminuye, pero esto sucede hasta cuando se llega a un 40% de hidróxido de sodio ya que al usar un 50 % de hidróxido de sodio sucede lo contrario, bajando el porcentaje de lignina y amentando el porcentaje de celulosa.

Prueba 2

Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la segunda usándose 5 muestras de Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro, mediante la utilización de los valores de la tabla 7.

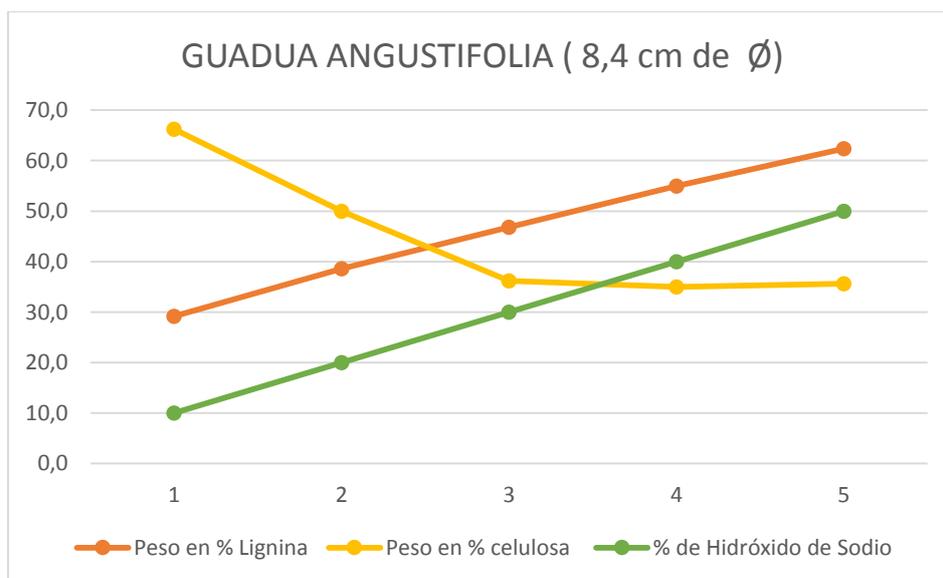


Figura 10. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 2

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 10 se observa que a medida que el porcentaje de base de celulosa sube el porcentaje de lignina disminuye, pero esto sucede hasta cuando se llega a un 40% de

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

hidróxido de sodio y al utilizar 50 % de hidróxido de sodio, el porcentaje de base de celulosa aumento de forma creciente al igual que la lignina.

Prueba 3

Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la tercera prueba utilizándose 5 muestras de Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro, mediante la utilización de los valores de la tabla 7.

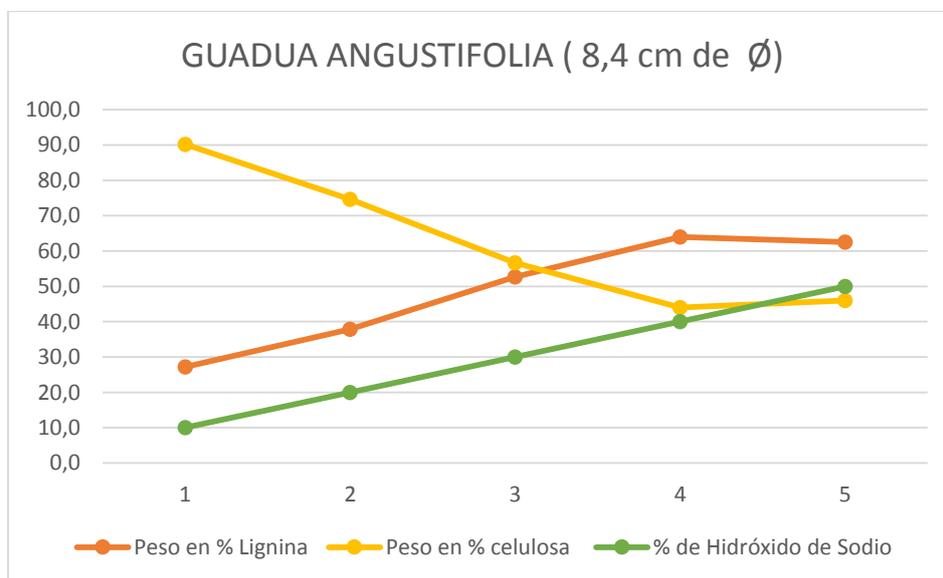


Figura 11. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 3

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 11 se observa que a medida que el porcentaje de base de celulosa sube el porcentaje de lignina disminuye, pero esto sucede hasta cuando se llega a un 40% de hidróxido de sodio ya que al usar un 50 % de hidróxido de sodio sucede lo contrario bajando el porcentaje de lignina y amentando el porcentaje de celulosa.

Prueba 4

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la cuarta prueba con 5 muestras de Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro, mediante la utilización de los valores de la tabla 8.

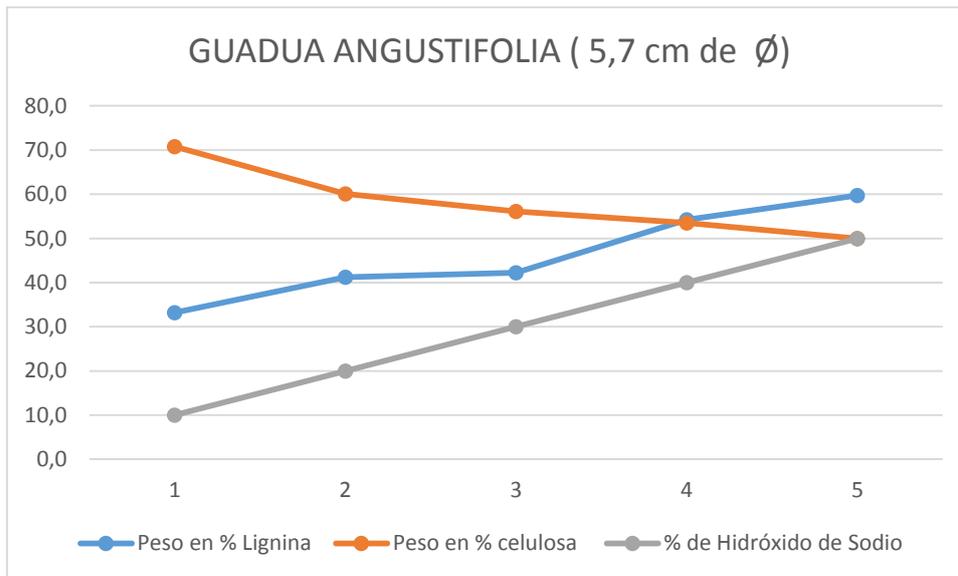


Figura 12. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 4

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 12 se ve que a medida que el porcentaje de base de celulosa sube el porcentaje de lignina disminuye, pero esto sucede hasta cuando se llega a un 40% de hidróxido de sodio y en esta prueba sucede lo mismo hasta cuando se utiliza 50% de hidróxido de sodio sucede.

Prueba 5

Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la quinta prueba con 5 muestras de Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro, mediante la utilización de los valores de la tabla 8.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

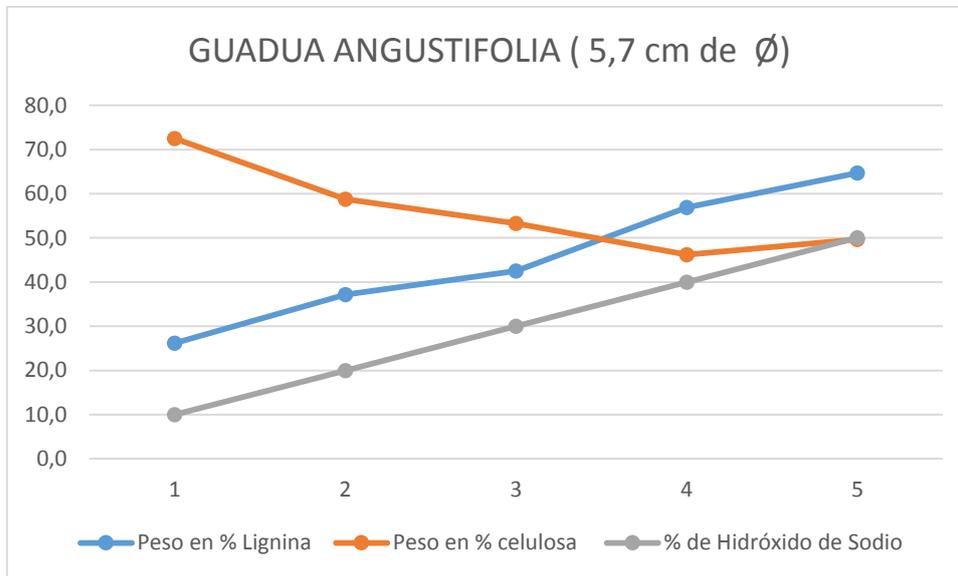


Figura 13. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 5

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 13 se observa que a medida que el porcentaje de base de celulosa sube, el porcentaje de lignina disminuye, pero esto sucede hasta cuando se llega a un 40% de hidróxido de sodio y al utilizar 50 % de hidróxido de sodio, el porcentaje de base de celulosa continuo subiendo y el porcentaje de lignina de igual forma subió.

Prueba 6

Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la sexta prueba con 5 muestras de Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro, mediante la utilización de los valores de la tabla 8.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

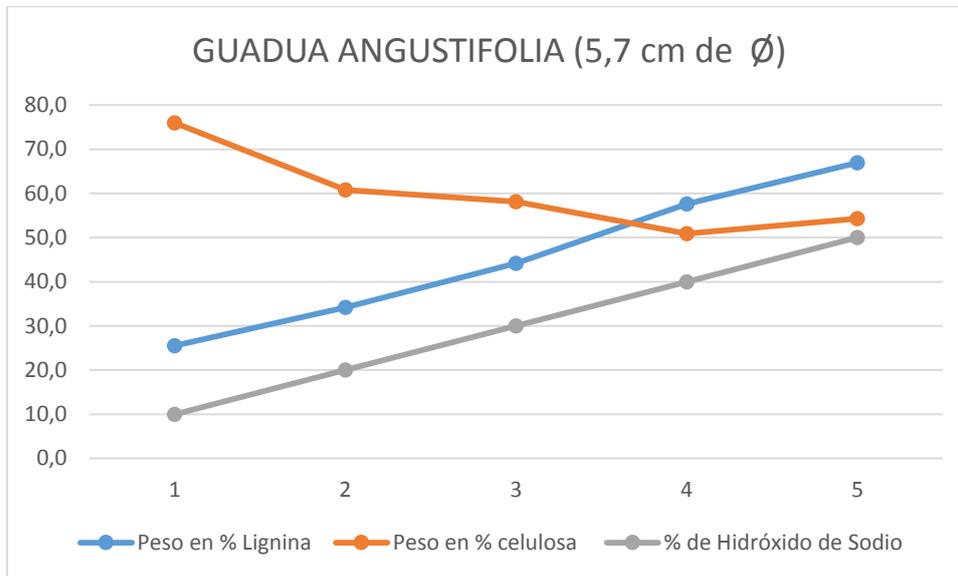


Figura 14. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 6.

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 14 se mira que mientras el porcentaje de base de celulosa sube, el porcentaje de lignina disminuye, pero esto sucede hasta cuando se llega a un 40% de hidróxido de sodio y al utilizar 50 % de hidróxido de sodio, el porcentaje de base de celulosa continuo subiendo y sucedió lo mismo con el porcentaje de lignina ya que de igual manera subió, descontinuo el porcentaje decreciente.

Prueba 7

Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la séptima prueba con 3 muestras de Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro, a través de la utilización de los valores de la tabla 7.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

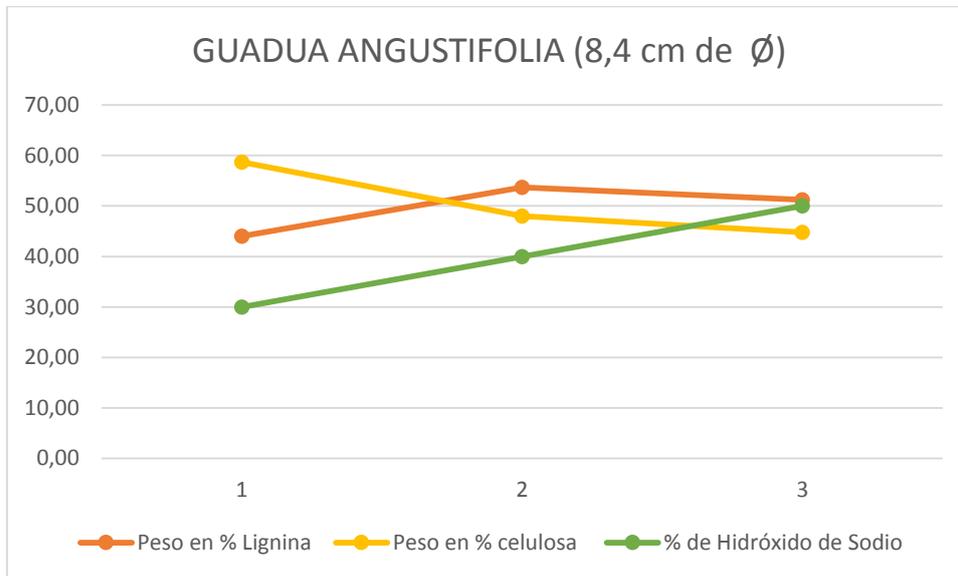


Figura 15. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 7.

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 15 se puede notar que los porcentajes de celulosa disminuyen, al aumentar los porcentajes de hidróxido de sodio, el porcentaje de lignina aumenta cuando se trabaja con un 40% de hidróxido de sodio, mientras que cuando se trabaja con 30 y 50% de sosa caustica sucede lo opuesto.

Prueba 8

Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la séptima prueba con 3 muestras de Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro, a través de la utilización de los valores de la tabla 8.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

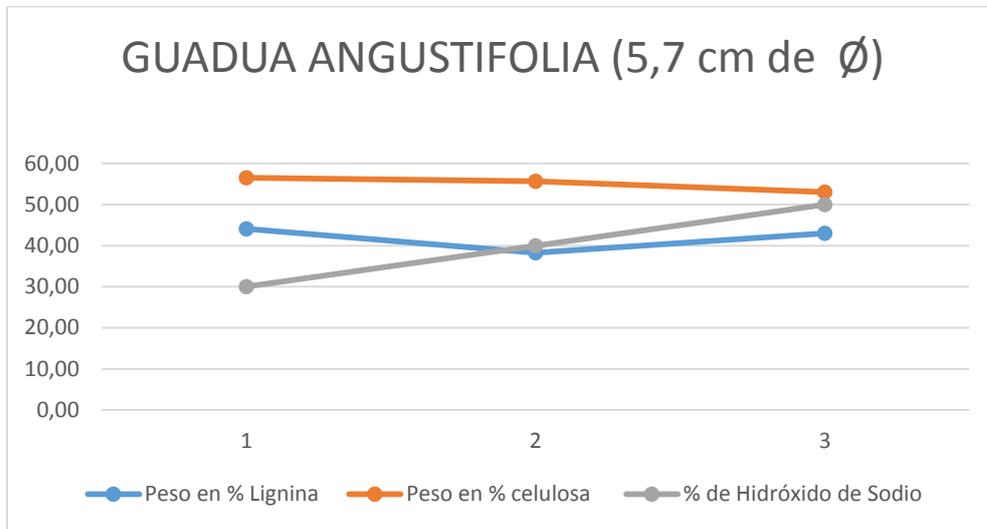


Figura 16. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de la prueba 8.

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 16 se puede notar el porcentaje de celulosa disminuye al aumentar la concentración del hidróxido de sodio y el porcentaje de lignina disminuye cuando se trabaja con un 40% de hidróxido de sodio, mientras que cuando se trabaja con 30 y 50% de sosa caustica sucede lo opuesto.

4.2.3 Análisis comparativo de las muestras realizadas en los 2 tipos de Guadua Angustifolia

A continuación se representaran diagramas de las pruebas realizadas con las 18 muestras de Guaduas Angustifolias de 8,4 cm de \emptyset y con las 18 muestras de Guaduas Angustifolias de 5,7 cm de \emptyset por separado para poder compararlas y finalmente un diagrama con todas las muestras realizadas durante esta investigación.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

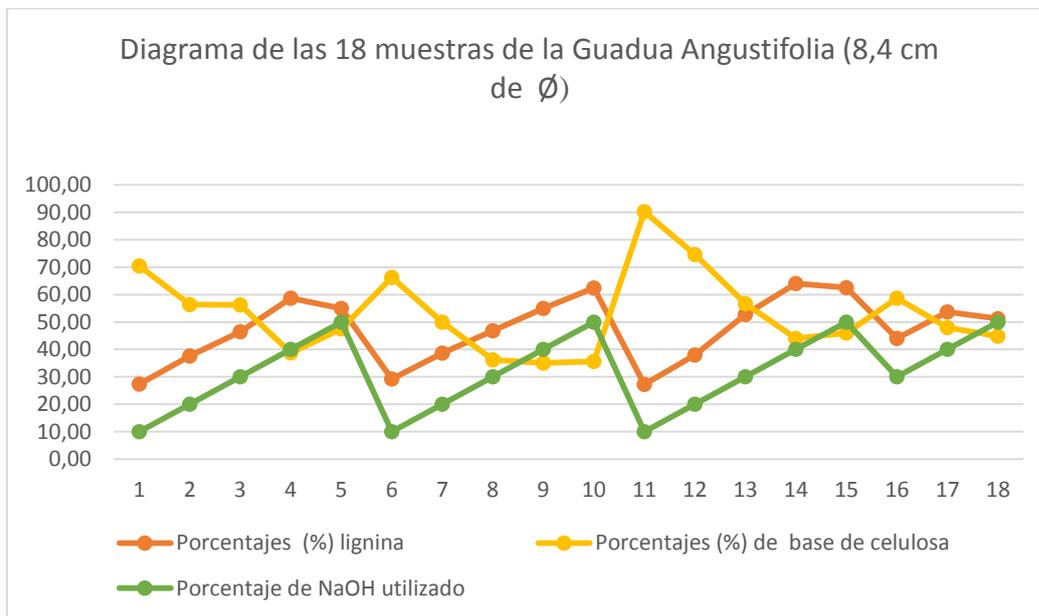


Figura 17. Diagrama completo de las muestras realizadas en la Guadua Angustifolia (8,4 cm de Ø).

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 17 se puede apreciar todos los porcentajes de lignina y base de celulosa, de las pruebas realizadas en la Guadua Angustifolia de 8,4 cm de Ø, observándose que el porcentaje mínimo obtenido de lignina es 27,20% y de la base de celulosa es 35,00%, en cambio los porcentajes máximo de lignina es de 64% y de base de celulosa es de un 90,20%. Se debe mencionar ciertas observaciones: los datos expuestos no son exactos ya que tienen un margen de variación de +/- 10%, debido a ciertos factores que podrían intervenir en el proceso (pérdidas durante el proceso, humedad, restos de NaOH, entre otros). Además es importante aclarar que las muestras obtenidas, según la prueba cuantitativa de composición, aún contienen un pequeño porcentaje de lignina sin desintegrar. Pero en general se obtiene que al ir incrementarse los porcentajes de NaOH, la lignina empieza a degradarse y la base de celulosa va quedando más pura; entonces se expresa que cuando el porcentaje de lignina aumenta, el porcentaje de base de celulosa disminuye.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

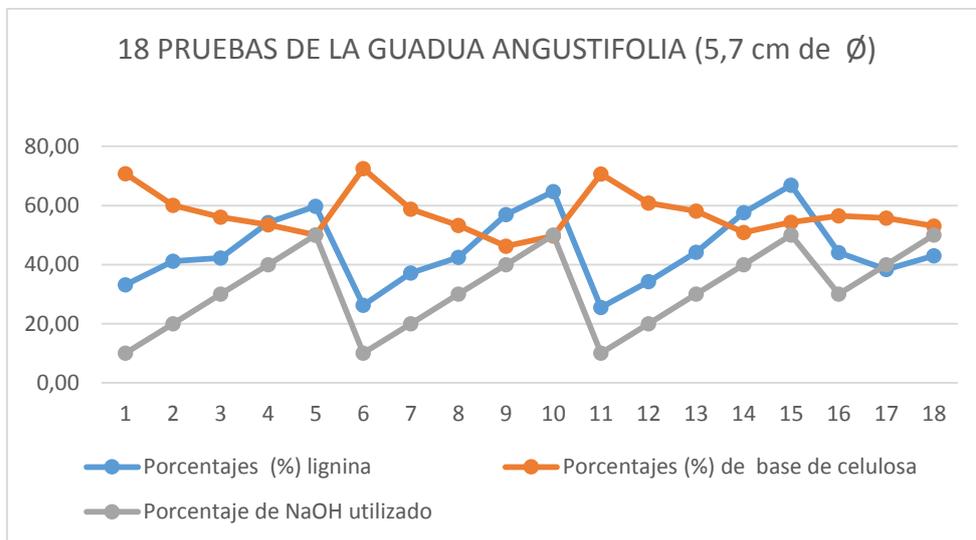


Figura 18. Diagrama completo de las muestras realizadas en la Guadua Angustifolia (5,7 cm de Ø).

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 18 se observa todos los porcentajes de lignina y base de celulosa, de las pruebas realizadas en la Guadua Angustifolia de 5,7 cm de Ø, observándose que el porcentaje mínimo obtenido de lignina es 25,50 y de la base de celulosa es 46,20 %, en cambio los porcentajes máximo de lignina es de 66,90 % y de base de celulosa es de un 72,50%. Se debe tener las mismas observaciones que en la figura 17. Y se menciona que los porcentajes son teóricos y no estas 100% puros.

Gráfico General

En la siguiente figura 19 se puede apreciar la representación de los porcentajes de lignina, base de celulosa obtenidos y el porcentaje de hidróxido de sodio utilizado en todas y cada una de las muestras realizadas durante la investigación, cuyos datos son de las tablas 4 y 5.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

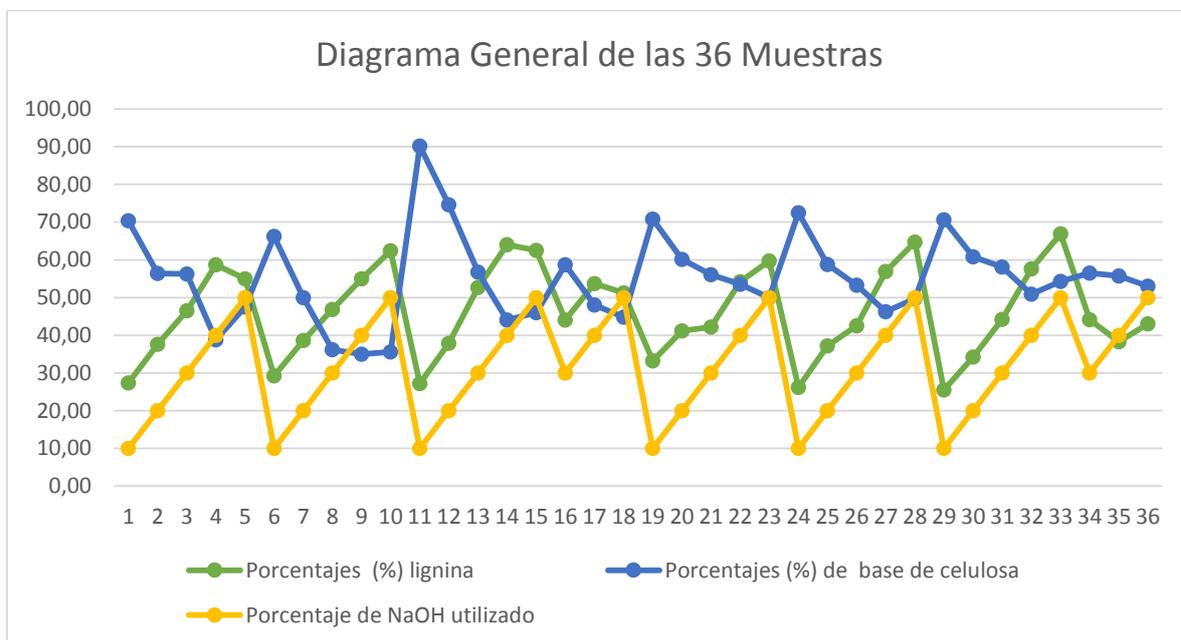


Figura 19. Diagrama de la relación de porcentajes de: lignina, base de celulosa e hidróxido de sodio de las 8 pruebas de la investigación.

Fuente: Yacelga, 2018

En la figura 19 se observa un diagrama en el que se indica la relación de los porcentajes de base celulosa, lignina e hidróxido de sodio de las 36 muestras realizadas durante la investigación, en el que se puede apreciar, en la mayoría de las pruebas, que a medida que el porcentaje de lignina obtenido aumenta, el porcentaje de base de celulosa disminuye, esto sucede con los porcentajes de 10%, 20% 30% y 40% de NaOH, y al pasarse a 50% de NaOH no sigue la misma regla ya que aumenta el porcentaje de base de celulosa y en algunos casos no disminuye el porcentaje de lignina lo que se traduce en que la lignina con 50% de hidróxido de sodio no se degrada mejor que cuando se utiliza un 40% de NaOH.

En la figura 20 se expone un diagrama en el que se hace una comparación de los promedios obtenidos de los porcentajes de lignina y base de celulosa.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

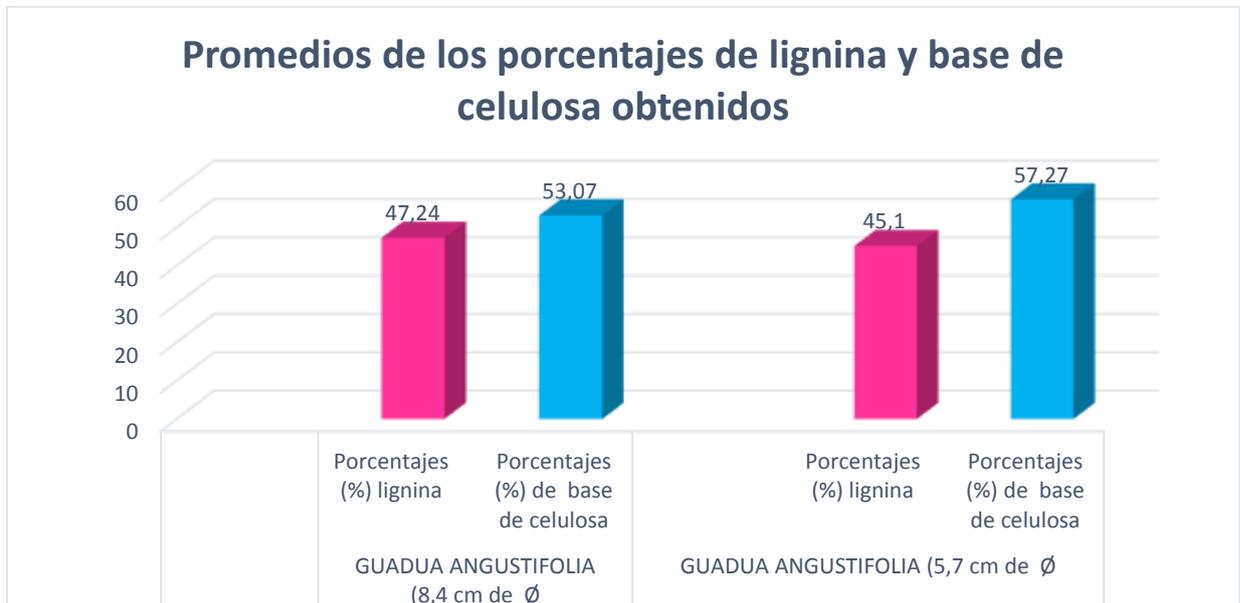


Figura 20. Diagrama comparativo de los promedios obtenidos de los porcentajes de lignina y base de celulosa.

Fuente: Yacelga, 2018

En esta figura se demuestra que se ha obtenido un promedio mayor de base de celulosa en la Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro, obteniéndose como promedio 57,27 %, en comparación con el promedio de 53,07 % de la Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro que es menor. En cuanto a los promedios obtenidos de los porcentajes de lignina se obtiene que la Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro supera en un porcentaje de 2,14 % al promedio obtenido de los porcentajes de la Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los diferentes parámetros con los cuales se desarrolló la presente investigación, así como, a los datos obtenidos mediante la obtención de base de celulosa a partir del bambú, utilizando específicamente la especie “Guadua Angustifolia” de 8,4cm y 5,7 cm de diámetro; se llegó a establecer las siguientes conclusiones:

- Mediante el análisis comparativo, realizado en cada una de las pruebas hechas, a lo largo de la presente investigación, se determinó que el porcentaje de hidróxido de sodio con el que se obtiene una base de celulosa más óptima es con un 40%.
- La temperatura con la cual se obtuvo mejores resultados, al obtener base de celulosa, es de 150 °C, temperatura que fue programada en la máquina Autoclave, superando de esta manera los resultados obtenidos con la maquina Ir, cuya temperatura puede ser programada hasta 130 °C
- El tiempo de permanencia de los chips de Guadua Angustifolia dentro de la máquina autoclave, deberá ser de 6 horas continuas para que la lignina pueda ser desintegrada mejor, y así obtenerse una base de celulosa mucho más pura.
- Para que la lignina pueda desintegrarse fácilmente los chips de Guadua Angustifolia no deben ser ni demasiado grandes ni muy pequeños, debiendo ser del tamaño adecuado de 10 mm de largo y 1 mm de ancho, ya que al usarse los chips de 15mm de largo por 3mm de ancho, estos no son desintegrados y en las

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

muestras en la cuales se utilizó 10% de hidróxido de sodio permanecen casi intactos.

- Las muestras en las cuales, fueron puestos los tubos de la maquina Ir, en maceración por 24 horas, no mostraron mejores resultados que los tubos que no fueron puestas en maceración, por lo que se puede omitir este paso durante el proceso de obtención de base de celulosa.
- Las muestras en las cuales se utilizaron los porcentajes de 10 y 20% de hidróxido de sodio, presentan un color oscuro, característica que permite determinar que la celulosa continua, aún con un alto porcentaje de lignina sin desintegrarse.
- Se obtuvo mayores porcentajes de base de celulosa, teóricamente en las muestras realizadas en la Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro que en las muestras realizadas en la Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro.
- El porcentaje de base de celulosa real que contiene cada una de las muestras realizadas en cada prueba es del 90,4% ya que se mantiene un 9,6% de lignina sin desintegrarse completamente.
- Durante esta investigación se llegó a establecer que los parámetros necesarios para obtener una base de celulosa óptima y con la menor cantidad de lignina sin desintegrarse son: Temperatura = 150 °C, tiempo= 6 horas, concentración de hidróxido de sodio = 40 %, tamaño de chips = 10mm x 1mm. Y aunque a simple vista se podría decir que entre un bambú grueso y delgado, el que contiene mayor cantidad de celulosa es el más grueso, esta investigación, arrojó también datos que permiten establecer que la Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro, es decir la delgada permite obtener un mayor porcentaje de base de celulosa en comparación con la Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

5.2 RECOMENDACIONES

- Hacer pruebas en una máquina cuya temperatura sea superior a los 150 grados °C y además en la que se pueda realizar el control de las rpm.
- Para obtener base de celulosa, los chips de Guadua Angustifolia no deben ser demasiados pequeños (tamaño pulverizado) ya que se puede obtener pérdidas de los porcentajes del mismo durante alguna etapa del proceso, tampoco se debe utilizar chips demasiado grandes debido a que será mucho más difícil que la lignina se desintegre.
- No usar un horno industrial para secar las muestras de base de celulosa ya que representa un gasto sumamente alto y menos eficiente que cuando se seca con los rayos de la energía solar.
- No utilizar concentraciones superiores al 40% de hidróxido de sodio ya que resulta una pérdida de producto por cuanto no produce mejores resultados al obtener base de celulosa, ya que la lignina no se desintegra mejor que cuando se usa concentraciones de 40%.
- Realizar pruebas de obtención de base de celulosa con otras variedades de bambú existentes en el Ecuador para verificar cual es la más óptima para esta actividad.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Alaejos, J. (2003). Obtención de pasta celulósica a partir de madera. Huelva.
- Alfaro, C. (1984). Tejido y cestería en la Península Ibérica. Historia de su técnica e industrias desde la Prehistoria hasta la Romanización. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Añazco, M., & Rojas, S. (2014). Estudio de vulnerabilidad del bambú (*Guadua Angustifolia*) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte Perú. Quito.
- Añazco, M., & Rojas, S. (2015). Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie *Guadua angustifolia*. Quito.
- Ardila, L., Estupiñán, H., Vásquez, C., & Peña, D. (2011). Estudio de la biodegradación hidrolítica de recubrimientos de biopolímeros/cerámico mediante EQCM . Revista de Ingeniería #35, 41 - 46 .
- Avérous, L. (2004). Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: A Review . Journal of macromolecular science Part C: Polymer Reviews, 231- 274.
- Barros, C. (2009). Los aditivos en la alimentación de los Españoles y la legislación que regula su autorización y uso, segunda edición . Madrid: Visión Libros.
- Batres, S. (2009). Caracterización química de la madera del primer raleo de palo blanco (*tabebuia donnell-smithii*, rose) a nivel laboratorio, proveniente del ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, Guatemala. Guatemala.
- Besbergi, O. (2010). Obtencion de pulpa por medio de metodo KRAFT. Asunción, Paraguay.
- Blasco, M. (1970). Microbiología de suelos . Turrialba, Costa Rica.
- Brown, V. (2003). Proceso de produccion de la celulosa. Movimiento mundial por los bosques tropicales (pág. 7). Montevideo: Pima Página.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

- Canelos, H. (31 de Julio de 2003). Bambú, un cultivo que se extiende. La Hora.
- Caylı, G., & Küsefoğlu, S. (2008). Biobased polyisocyanates from plant oil triglycerides: synthesis, polymerization, and characterization . Journal of Applied Polymer Science, 2949 -2955 .
- Cerutti, J. (2016). Celulosa y papel. Argentina.
- Chacón, D. (2012). Efecto del bambú laminado como refuerzo de vigas laminadas de Pino Radiata. Costa Rica.
- Checa, E. (2016). Análisis de la producción de bambú y su incidencia en la economía de la provincia de Santa Elena. . Guayaquil.
- CORPEI – CBI. (2005). Perfil del producto Bambú. Quito.
- Da Silva, E. (2009). Curso de preparación de la pasta. Apostilla revisión 01, (pág. 36). Brazil.
- Deshpande, A., Bhaskar, M., & Lakshmana, C. (1999). Extracción of bamboo fibers and their use as reinforcement in polymeric composites. Departament of Cheemical Engeeniering, 10.
- Diario La hora. (30 de Sétiembre de 2010). Una apuesta a favor del Bambú. Diario La hora.
- Díaz, I., Muñoz, M., Montoya, C., Cáneez, C., & Hernández, L. (2010). Biopolímeros y sus aplicaciones. Mexicali.
- EL Telégrafo. (22 de Mayo de 2016). La biodiversidad, base del desarrollo económico . EL Telégrafo, págs. 34-35.
- Farrás, J., García, J., & Urpí, F. (2000). Química Orgánica, estructura y reactividad, tomo II. Barcelona: Reverté, S.A.
- Feng, A. P. (2002). Caracterización of black liquors from SodaAQ pulping of Reed Canary Grass (*Phalaris arundinacea* L.). . *Holzforschung*.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

- Foladori, G., & Pierri, N. (2001). *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable*. Montevideo.
- Gacén, J. (1983). *Fibras de Poliester. Evolución y futuro*. BOL. INTEXTAR N° 84, 9 - 21.
- García, J. (1992). *El proceso al sulfato, aspectos químicos de la cocción*. Catalunya.
- Greenpeace. (2006). *El Futuro de la Producción de Celulosa y las técnicas de producción más favorables para el medio ambiente*.
- Greenpeace. (2006). *La reproducción humana alterada por sustancias químicas*.
- Greenpeace. (2012). *Puntadas tóxicas: El oscuro secreto de la moda. Moda rápida*.
- Hernández, M., & Sastre, A. (1999). *Tratado de nutrición*. Madrid: Edigrafos S.A.
- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L., & Betancur, D. (07 de 2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 718-726.
- Inácio André; Nonato Renato; Bonse Baltus. (2017). *Recycled PP/EPDM/talc reinforced with bamboo fiber: Assessment of fiber and compatibilizer content on properties using factorial desing*. *Polymer Testing, Centro Universitario da FEI*, 214 - 222.
- INBAR. (2016). *Punto de encuentro entre los sectores productivo, social, educativo y gubernamental, para optimizar el desarrollo y aprovechamiento del bambú en el Ecuador*.
- Instituto Oceanográfico de la Armada. (2011). *Información General de la República del Ecuador*. Guayaquil.
- Juiz, N. (2012). *Fibra de bambú una alternativa sustentable*. Palermo.
- Klages, F. (1968). *Tratado de química inorgánica, tomo III. Campos espaciales*. Berlín: Reverté S.A.
- Klemm, D., Heublein, B., Fink, H., & Bohn, A. (2005). *Fascinating biopolymer and sustainable raw material*. *Polymer Science Cellulose*, 3358 - 3392.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

- Kumar, A. (1997). La Red internacional del bambú y el rotén. Obtenido de Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/docrep/x2450s/x2450s0a.htm>
- León, C., & Fuentes, M. (2012). Diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico a escala laboratorio usando Peróxido de hidrógeno. Cartagena.
- LIGNUN. (2014). Blanqueo de celulosa: el proceso clave . Lignun, bosque, madera y tecnología , 6.
- Lopez, L., & Correa, J. (2009). Estudio exploratorio de los laminados de bambú Guadua angustifolia como material estructural. Maderas Ciencia y Tecnología , 171-182.
- Martucci, J., & Ruseckaite, R. (2010). Biodegradable Bovine Gelatin/Na β -Montmorillonite Nanocomposite Films. Structure, Barrier and Dynamic Mechanical Properties . Polymer-Plastics Technology and Engineering, 581-587.
- Méndez, A. (30 de 07 de 2012). La guía Química. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/hidroxido-de-sodio>
- Mercado, M., & Molina, R. (2015). Estudio de factibilidad para la producción de caña Guadua en el recinto de Rio Chico, cantón Paján de la provincia de Manabí y propuesta de plan de exportación para el mercado Chileno. . Guayaquil.
- Ministerio de Turismo. (15 de Septiembre de 2014). Ecuador megadiverso y único en el centro del mundo. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente de España. (2006). Prevención y control integrados de la contaminación . Centro de Publicaciones Secretaria General técnica Ministerio de Medio Ambiente .
- Moreno Luis; Trijillo Efraín; Osorio Lina. (2007). Estudio de las características físicas de haces de fibra de guadua Angustifolia. Scientia et Technica Año XIII, 5.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

- Muñoz, K. Q. (2011). Diseño y Evaluación de uniones de material compuesto de matriz termoplástica para bicicletas de bambú. 9 th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, (pág. 10). Medellín, Colombia.
- Mutlu, H., & Meier, M. (2010). Castor oil as a renewable resource for the chemical industry . *European Journal of Lipid Science and Technology* , 10 - 30.
- Nogués, F., García, D., & Rezeau, A. (2010). *Ergenias Renovables, Energias de la biomasa, volumen I*. Zarasoga: Universidad de Zrasoga.
- Novais, D. (s,f). *Tratamiento de fibra de bambú*. Brazil.
- Ortegón, Y., Uscategui, Y., & Valero, M. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas. *Revista Universidad Nacional de Colombia*, 171-180.
- Pesok, J. (2012). *Introducción a la tecnología textil capítulo I "Origen y Evolución de la tecnología Textil"*. Montevideo.
- Primo, E. (1994). *Química Órgánica Básica y Aplicada de la molécula a la industria, tomo II*. Valencia: Reverte.
- PRO ECUADOR. (2012). *Análisi sectorial de textiles y confecciones* . Quito.
- PRO ECUADOR. (2016). *Análisis Sectorial Bambú*. Quito, Ecuador.
- Rasala, R., Janorkar, A., & Douglas. (2010). Poly(lactic acid) modifications . *Progress in Polymer Science* 35, 338–356 .
- Rendón, R., Ortíz, A., Tovar, E., & Flores, E. (2016). The Role of Biopolymers in Obtaining Environmentally Friendly Materials. *World's la rg est Science Technolog y & M edicine Open Access book publisher*, 12.
- Rodríguez, I. (2006). *Caracterización química de fibras de plantas herbáceas utilizadas para la fabricación de papel de alta calidad*. Sevilla.
- Sanz, A. (s.f.). *Tecnología de la celulosa. La industria papelera*.
- SCA. (2010). *Fabricación de papel. Soporte técnico de los papeles para SCA Publication Papers*, 16.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

- Siegle, L. (2011). *Is Fashion Wearing Out the World?* . Londres .
- Stepaniuk, V. (2013). *Fabricación de papel*.
- Stern, M. (2001). *Evaluación de la fijación de carbono en las plantaciones de caña guadúa (Guadua angustifolia, Poaceae, Bambusoideae) en Tropimaderas y Tropiteca, Herbario Nacional del Ecuador. Guayaquil.*
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* . Castellón, España: Castelló de la Planta.
- Teschke, K., & Demers, P. (s.f.). *La industria del papel y la pasta del papel. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*, 22.
- Textos Científicos. (12 de Diciembre de 2005). *Proceso de obtención de pulpa al sulfato o Kraft. Obtenido de Textos Científicos: <https://www.textoscientificos.com/papel/pulpa/kraft>*
- Thangavelu, K., & Subramani, B. (2016). *Sustainable Fibres for Fashion Industry, Sustainable Biopolymer Fibers—Production, Properties and Applications* . Singapore: Springer Singapore.
- Valarezo, L. (2013). *obtención experimental de un material incompuesto a base de una matriz polimérica y reforzada con fibras naturales de guadua angustifolia proveniente del ecuador. Cuenca.*
- Valero, M., Pulido, J., Hernandez, J., Ramírez, A., & Posada, J. (2009). *Preparation and properties of Polyurethanes bases on castor oil chemically modified with yucca starch glycoside. Journal of Elastomers and Plastics*, 223-243.
- Vargas, M., Andreu, F., Fernández, L., Fernández, F., García, J., Ramírez, R., . . . Suárez, F. (2014). *De Residuo a Recurso el camino hacia la sostenibilidad. Paraninfo.*
- Velasco, V. (2002). *La caña guadua el acero vegetal del siglo XXI. Quito.*
- Vian, Á. (1998). *Introducción a la química industrial* . Reverté.
- Wenga, Y.-X., Jina, Y.-J., Menga, Q.-Y., Wang, L., Zhanga, M., & Wang, Y.-Z. (2013). *Biodegradation behavior of poly(butylene adipate-coterephthalate) (PBAT),*

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

poly(lactic acid) (PLA), and their blend under soil conditions . Polymer Testing, 918 - 916.

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXOS

ANEXO 1 Corte de Bambú con una sierra eléctrica



Fuente: Yacelga, 2017

ANEXO 2. Molida de bambú (transformación a chip)



Fuente: Yacelga, 2017

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXO 3. Chip de bambú molido



Fuente: Yacelga, 2017

ANEXO 4 Peso de la muestra



Fuente: Yacelga, 2017

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXO 5 Peso del hidróxido de sodio



Fuente: Yacelga, 2017

ANEXO 6 Medición del volumen total del baño



OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

Fuente: Yacelga, 2017

ANEXO 7 Tubo con chips de bambú, agua y sosa caustica



Fuente: Yacelga, 2017

ANEXO 8 Tubos con muestras preparadas para ingresar a la maquina “ir”



Fuente: Yacelga, 2017

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXO 9 Colocación de tubos en la máquina “ir”



Fuente: Yacelga, 2017

ANEXO 10 Máquina Autoclave



Fuente: Yacelga, 2017

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXO 11 Filtración para separar la celulosa y lignina (parte sólida y líquida)



Fuente: Yacelga, 2017

Evaporación de lignina

ANEXO 12 Lavado con agua de la base de celulosa



Fuente: Yacelga, 2017

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXO 13 Vasos de precipitación con lignina



Fuente: Yacelga, 2017

ANEXO 14 Peso de lignina y agua



Fuente: Yacelga, 2017

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXO 15 Evaporación de lignina en una cocina de inducción



Fuente: Yacelga, 2017

ANEXO 16 Lignina evaporada



Fuente: Yacelga, 2017

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXO 17 Peso Lignina



ANEXO 18 Base de Celulosa húmeda



Fuente: Yacelga, 2017

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXO 19 Peso de base de celulosa



Fuente: Yacelga, 2017

ANEXO 20 Prueba bajo la norma AATCC método de prueba 20A-2014



Fuente: Yacelga, 2018

OBTENCIÓN DE BASE DE CELULOSA A PARTIR DEL BAMBÚ PARA UTILIZARLA COMO MATERIA PRIMA EN LA FABRICACIÓN DE FIBRA TEXTIL

ANEXO 21 Residuo de lignina mojada luego de realizarse la prueba bajo la norma AATCC método de prueba 20A-2014



Fuente: Yacelga, 2018

ANEXO 22 Residuo de lignina mojada luego de realizarse la prueba bajo la norma AATCC método de prueba 20A-2014



Fuente: Yacelga, 2018