



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

Gabriela Yacelga ¹,

Universidad Técnica Del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias, Av. 17 de Julio 5-1 y Gral. José María Córdova, Barrio El Olivo, Ibarra, Imbabura

gaby-2293@hotmail.com

Resumen.

La presente investigación estuvo basada en la obtención de base de celulosa a partir del bambú para utilizarla como materia prima en la fabricación de 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. 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 y un proceso químico utilizando hidróxido de sodio para separar la lignina y obtener la base celulosa del bambú. 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.

Palabras Claves

Bambú, Guadua Angustifolia, fibra textil, base de celulosa

Abstract. The present investigation was based on the obtaining of base of cellulose from bamboo to use it as a raw material in the manufacture of 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. 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 chips and a chemical process using sodium hydroxide to separate the lignin and obtain bamboo cellulose. 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

Keywords

Bamboo, Guadua Angustifolia, textile fiber, cellulose base.

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.

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, desde ese entonces las fibras sintéticas obtenidas del petróleo se convirtieron en las fibras mayormente utilizadas para la fabricación de ropa.

Actualmente no solo se compra ropa por necesidad de cubrir los cuerpos sino más bien por vanidad, por moda, por querer tener los 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.

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. Por este motivo surge la necesidad de fomentar la elaboración y uso de fibras naturales.

2. Materiales y Métodos

2.1 Proceso de obtención de chips de Guadua Angustifolia

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. 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. 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

Sierra eléctrica, molino casero, martillo o combo, recipiente metálico

Variables: Tamaño de chips

Tabla 1. Tamaño de chips

Datos de los chips			
Tipo de Bambú	Tamaño chips		N° de muestras
Guadua Angustifolia de 8,4 cm de ϕ	15 mm x 3mm	10 mm x 1 mm	18
Guadua Angustifolia de 5,7 cm de ϕ	15 mm x 3mm	10 mm x 1 mm	18

Fuente: Yacelga, 2018

2.2 Proceso de obtención de base de celulosa

Se realizó un proceso similar a una tincura por agotamiento, preparando cada uno de los tubos con una R/B de 1:10, así entonces se usó para cada tubo 10 g de chips de bambú, 100 ml de agua, y un porcentaje de NaOH dependiendo del número de muestra que se vaya a realizar (10, 20, 30, 40 y 50%), una vez preparados los tubos se colocan en la máquina (Ir o Autoclave) con los parámetros descritos en las tablas 2 y 3. Solo en el caso de las pruebas 3 y 6 se mantienen los tubos preparados en maceración por 24 horas antes de poner en la máquina. Una vez transcurridas 6 horas, se sacan los tubos de la máquina para proceder a cernir y separa la lignina (estado líquido) de la celulosa (estado sólido). A la lignina se la evapora en una cocina de inducción hasta obtener

residuos sólidos adheridos en los vasos de precipitación, mientras que la base de celulosa deberá ser lavada con agua fría hasta eliminar cualquier residuo de NaOH y lignina líquida. Una vez que la celulosa se encuentre limpia se la pone a secar al sol y finalmente se pesa la base de celulosa obtenida y los restos de lignina para poder obtener los porcentajes respectivos.

Equipos de laboratorio

Balanza electrónica, vasos de precipitación, probeta, agitador, máquinas Ir y Autoclave, cocina de inducción

Materiales de aplicación

Agua, hidróxido de sodio, chips de Guadua Angustifolia de 8,4 cm y 5,7 cm de diámetro

Variables: Concentración de NaOH, Temperatura ($^{\circ}$ C), Tiempo (t) y Tamaño de chips. (mm)

Tabla 2. Variables utilizadas en la Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro.

Variables de Guadua A. de 8,4 cm de diámetro						
N° de Prueba	N° de Muestra	Concentración de NaOH	Temperatura	Tiempo	Tamaño de chips	Nombre de Máquina
1	1	10%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	15 mm x 3 mm	Ir
	2	20%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	15 mm x 3 mm	Ir
	3	30%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	15 mm x 3 mm	Ir
	4	40%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	15 mm x 3 mm	Ir
	5	50%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	15 mm x 3 mm	Ir
2	6	10%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
	7	20%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
	8	30%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
	9	40%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
	10	50%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
3	11	10%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
	12	20%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
	13	30%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
	14	40%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
	15	50%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Ir
7	31	30%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Autoclave
	32	40%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Autoclave
	33	50%	130 $^{\circ}$ C	6 horas	10 mm x 1 mm	Autoclave

Fuente: Yacelga, 2018

En la tabla 2 se describen los parámetros de: temperatura, tiempo, porcentaje de hidróxido de sodio, tamaño de chips, máquina utilizadas, así también se describe los números correspondientes a cada muestra y el número de prueba, realizada en las 18 muestra de Guadua Angustifolia de 8,4 cm de diámetro.

Tabla 3. Variables utilizadas en la Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro.

Nº de Prueba	Nº de Muestra	Concentración de NaOH	Temperatura	Tiempo	Tamaño de chips	Nombre de Máquina
4	16	10%	130 °C	6 horas	15 mm x 3 mm	lr
	17	20%	130 °C	6 horas	15 mm x 3 mm	lr
	18	30%	130 °C	6 horas	15 mm x 3 mm	lr
	19	40%	130 °C	6 horas	15 mm x 3 mm	lr
	20	50%	130 °C	6 horas	15 mm x 3 mm	lr
5	21	10%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
	22	20%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
	23	30%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
	24	40%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
	25	50%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
6	26	10%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
	27	20%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
	28	30%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
	29	40%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
8	30	50%	130 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	lr
	34	30%	150 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	Autoclave
	35	40%	150 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	Autoclave
	36	50%	150 °C	6 horas	10 mm x 1 mm	Autoclave

Fuente: Yacelga, 2018

En la tabla 3 se detallan los parámetros de: temperatura, tiempo, porcentaje de hidróxido de sodio, tamaño de chips, máquina utilizadas, así también se describe los números correspondientes a cada muestra y el número de prueba realizada en las 18 muestra de Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro.

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

Se pesó 1 gramo de la muestra nº 35 de base de celulosa, previamente obtenida. 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 agua con una pipeta y una pera de succión y se colocó en un vaso de precipitación de 50 ml. 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. Una vez lista la solución, se procedió a colocar la base de celulosa en el vaso de precipitación, para empezar a agitar y promover la desintegración de la base de celulosa. Cuando transcurrió un tiempo prudente, se filtró el residuo sobrante. Luego se lavó para eliminar los rastros del ácido sulfúrico. 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. Finalmente estos trocitos se pesaron y se obtuvo el resultado.

Equipos de laboratorio

Vaso de precipitación, agitador, balanza electrónica, pera de succión, 2 pipetas (5 y 10 ml)

Materiales de aplicación

Ácido Sulfúrico, agua

Tabla 4. Análisis cuantitativo según la norma AATCC, método de prueba 20A -2014

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

Fuente: Yacelga, 2018

En esta tabla se demuestra que cada muestra de base de celulosa obtenida contiene verdaderamente como resultado final un 90,4 % de base de celulosa y un 9,6 % de lignina sin desintegrarse completamente.

3. Resultados

A continuación se describen los valores obtenidos, expresados en porcentajes tanto de la base de celulosa como de la lignina de las muestras realizadas en la Guadua Angustifolia de 8,4 y 5,7 cm de diámetro

Tabla 5. Porcentajes de base de celulosa y lignina de la Guadua Angustifolia de 8,4 de diámetro

N° de Prueba	N° 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

En la tabla se observa que mientras que se va incrementado el porcentaje de NaOH, el porcentaje de lignina aumenta y el porcentaje de base de celulosa disminuye, es decir a medida que la lignina se va desintegrando se va obteniendo una base de celulosa más óptima y pura.

Tabla 6. Porcentajes de base de celulosa y lignina de la Guadua Angustifolia de 8,4 de diámetro

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
Prueba 8	30	66,90	54,30	50,00
	34	44,10	56,50	30,00
	35	38,30	55,70	40,00
	36	43,00	53,00	50,00

Fuente: Yacelga, 2018

En esta tabla se puede apreciar de igual forma que mientras se va incrementado el porcentaje de NaOH, el porcentaje de lignina aumenta y el porcentaje de base de celulosa disminuye, es decir a medida que la lignina se va desintegrando se va obteniendo una base de celulosa más óptima. Notándose que los porcentajes de celulosa obtenidos con la Guadua Angustifolia de 5,7 cm de diámetro son superiores.

4. 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 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, arroja 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.

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 mí sino más bien un amigo que me ha dado tantos consejos cuando más lo he necesitado.

A mi director de tesis el magister William 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.

Referencias Bibliográficas

- 1) Alaejos, J. (2003). *Obtención de pasta celulósica a partir de madera*. Huelva.
- 2) 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.
- 3) Añazco, M., & Rojas, S. (2014). *Estudio de vulnerabilidad del bambú (Guadua Angustifolia) al cambio climático en la costa del Ecuador y norte Perú*. Quito.
- 4) 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.
- 5) 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 .
- 6) Avérous, L. (2004). Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch: A Review . *Journal of macromolecular science Part C: Polymer Reviews*, 231- 274.
- 7) 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.
- 8) 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.
- 9) Besberg, O. (2010). *Obtención de pulpa por medio de método KRAFT*. Asunción, Paraguay.
- 10) Blasco, M. (1970). *Microbiología de suelos* . Turrialba, Costa Rica.
- 11) Brown, V. (2003). Proceso de producción de la celulosa. *Movimiento mundial por los bosques tropicales* (pág. 7). Montevideo: Pima Página.
- 12) Canelos, H. (31 de Julio de 2003). Bambú, un cultivo que se extiende. *La Hora*.
- 13) Caylı, G., & Küsefoğlu, S. (2008). Biobased polyisocyanates from plant oil triglycerides: synthesis, polymerization, and characterization . *Journal of Applied Polymer Science*, 2949 -2955 .
- 14) Cerutti, J. (2016). *Celulosa y papel*. Argentina.
- 15) Chacón, D. (2012). *Efecto del bambú laminado como refuerzo de vigas laminadas de Pino Radiata*. Costa Rica.
- 16) Checa, E. (2016). *Análisis de la producción de bambú y su incidencia en la economía de la provincia de Santa Elena* . Guayaquil.
- 17) CORPEI – CBI. (2005). *Perfil del producto Bambú*. Quito.
- 18) Da Silva, E. (2009). Curso de preparación de la pasta. *Apostilla revisión 01*, (pág. 36). Brazil.
- 19) Deshpande, A., Bhaskar, M., & Lakshmana, C. (1999). Extracción of bamboo fibers and their use as reinforcement in polymeric composites. *Departament of Cheemical Engeeniering*, 10.
- 20) Diario La hora. (30 de Sétiembre de 2010). Una apuesta a favor del Bambú. *Diario La hora*.
- 21) Díaz, I., Muñoz, M., Montoya, C., Cádiz, C., & Hernández, L. (2010). *Biopolímeros y sus aplicaciones*. Mexicali.
- 22) EL Telégrafo. (22 de Mayo de 2016). La biodiversidad, base del desarrollo económico . *EL Telégrafo*, págs. 34-35.
- 23) Farrás, J., García, J., & Urpí, F. (2000). *Química Orgánica, estructura y reactividad, tomo II*. Barcelona: Reverté, S.A.
- 24) Feng, A. P. (2002). *Characterización of black liquors from SodaAQ pulping of Reed Canary Grass (Phalaris arundinacea L.)* . *Holzforschung*.
- 25) Foladori, G., & Pierri, N. (2001). *¿Sustentabilidad? Desacuerdos sobre el desarrollo sustentable* . Montevideo.
- 26) Gacén, J. (1983). Fibras de Poliester. Evolución y futuro. *BOL. INTEXTAR N° 84*, 9 - 21.
- 27) García, J. (1992). *El proceso al sulfato, aspectos químicos de la cocción* . Catalunya.
- 28) Greenpeace. (2006). *El Futuro de la Producción de Celulosa y las técnicas de producción más favorables para el medio ambiente*.

- 29) Greenpeace. (2006). *La reproducción humana alterada por sustancias químicas*.
- 30) Greenpeace. (2012). *Puntadas tóxicas: El oscuro secreto de la moda. Moda rápida*.
- 31) Hernández, M., & Sastre, A. (1999). *Tratado de nutrición*. Madrid: Edigrafos S.A.
- 32) 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.
- 33) 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.
- 34) INBAR. (2016). *Punto de encuentro entre los sectores productivo, social, educativo y gubernamental, para optimizar el desarrollo y aprovechamiento del bambú en el Ecuador*.
- 35) Instituto Oceanográfico de la Armada. (2011). *Información General de la República del Ecuador*. Guayaquil.
- 36) Juiz, N. (2012). *Fibra de bambú una alternativa sustentable*. Palermo.
- 37) Klages, F. (1968). *Tratado de química inorgánica, tomo III. Campos espaciales*. Berlín: Reverté S.A.
- 38) Klemm, D., Heublein, B., Fink, H., & Bohn, A. (2005). Fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Polymer Science Cellulose*, 3358 - 3392.
- 39) 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>
- 40) León, C., & Fuentes, M. (2012). *Diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico a escala laboratorio usando Peróxido de hidrógeno*. Cartagena.
- 41) LIGNUN. (2014). Blanqueo de celulosa: el proceso clave. *Lignun, bosque, madera y tecnología*, 6.
- 42) Lopez, L., & Correa, J. (2009). Estudio exploratorio de los laminados de bambú *Guadua angustifolia* como material estructural. *Maderas Ciencia y Tecnología*, 171-182.
- 43) Martucci, J., & Ruseckaite, R. (2010). Biodegradable Bovine Gelatin/Na β -Montmorillonite Nanocomposite Films. Structure, Barrier and Dynamic Mechanical Propert. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 581-587.
- 44) Méndez, A. (30 de 07 de 2012). *La guía Química*. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/hidroxido-de-sodio>
- 45) 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.
- 46) Ministerio de Turismo. (15 de Séptiembre de 2014). Ecuador megadiverso y único en el centro del mundo. Quito, Pichincha, Ecuador.
- 47) Ministerio del Ambiente de España. (2006). *Prevención y control integrados de la contaminación*. Centro de Publicaciones Secretaria General técnica Ministerio de Medio Ambiente.
- 48) 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.
- 49) Muñoz, K. Q. (2011). Diseño y Evaluación de uniones de material compuesto de matriz termopástica para bicicletas de bamboo. *9 th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, (pág. 10). Medellín, Colombia.
- 50) Mutlu, H., & Meier, M. (2010). Castor oil as a renewable resource for the chemical industry. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 10 - 30.
- 51) Nogués, F., García, D., & Rezeau, A. (2010). *Ergenias Renovables, Energías de la biomasa, volumen I*. Zarasoga: Universidad de Zrasoga.
- 52) Novais, D. (s.f.). *Tratamiento de fibra de bambú*. Brazil.
- 53) Ortégón, Y., Uscategui, Y., & Valero, M. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas. *Revista Universidad Nacional de Colombia*, 171-180.
- 54) Pesok, J. (2012). *Introducción a la tecnología textil capítulo I "Origen y Evolución de la tecnología Textil"*. Montevideo.
- 55) Primo, E. (1994). *Química Órgánica Básica y Aplicada de la molécula a la industria, tomo II*. Valencia: Reverte.
- 56) PRO ECUADOR. (2012). *Análisi sectorial de textiles y confecciones*. Quito.
- 57) PRO ECUADOR. (2016). *Análisis Sectorial Bambú*. Quito, Ecuador.
- 58) Rasala, R., Janorkar, A., & Douglas. (2010). Poly(lactic acid) modifications. *Progress in Polymer Science* 35, 338–356.
- 59) 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.
- 60) Rodríguez, I. (2006). *Caracterización química de fibras de plantas herbáceas utilizadas para la fabricación de papel de alta calidad*. Sevilla.
- 61) Sanz, A. (s.f.). *Tecnología de la celulosa. La industria papelera*.
- 62) SCA. (2010). Fabricación de papel. *Soporte técnico de los papeles para SCA Publication Papers*, 16.
- 63) Siegle, L. (2011). *Is Fashion Wearing Out the World?*. Londres.
- 64) Stepaniuk, V. (2013). *Fabricación de papel*.
- 65) 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.
- 66) Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal*. Castellón, España: Castelló de la Planta.
- 67) Teschke, K., & Demers, P. (s.f.). La industria del papel y la pasta del papel. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*, 22.
- 68) 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>
- 69) Thangavelu, K., & Subramani, B. (2016). *Sustainable Fibres for Fashion Industry, Sustainable Biopolymer Fibers—Production, Properties and Applications*.



Singapore: Springer Singapore.

- 70) 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.
- 71) 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.
- 72) 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.
- 73) Velasco, V. (2002). *La caña guadua el acero vegetal del siglo XXI*. Quito.
- 74) Vian, Á. (1998). *Introducción a la química industrial*. Reverté.
- 75) Wenga, Y.-X., Jina, Y.-J., Menga, Q.-Y., Wanga, L., Zhanga, M., & Wang, Y.-Z. (2013). Biodegradation behavior of poly(butylene adipate-coterephthalate) (PBAT), poly(lactic acid) (PLA), and their blend under soil conditions. *Polymer Testing*, 918 - 916.

Sobre la autora

GABRIELA YACELGA

Estudiante de pregrado de la carrera de ingeniería textil, de la Universidad Técnica del Norte, de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura.