

# Elaboración de papel con bambú (*Guadua paniculata*), proveniente de la comunidad de Cuetzalan, Puebla

Marian Rojas Fernández (primer semestre de la licenciatura en Ingeniería Química)<sup>1,\*</sup>; Lesli Mariam Cabrera Fuentes (primer semestre de la licenciatura en Ingeniería Química)<sup>2</sup>; Fernanda Mildred Calderón Reyes (primer semestre de la licenciatura en Ingeniería Química)<sup>3</sup>; María Julieta Herrera Muñoz (primer semestre de la licenciatura en Ingeniería Química)<sup>4</sup>; Jesús Ernesto Melchor García (primer semestre de la licenciatura en Ingeniería Química)<sup>5</sup>; Óscar García Gómez (profesor)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, México, [mrf.marian.rojas@gmail.com](mailto:mrf.marian.rojas@gmail.com); <sup>2</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, México, [leslimcf@gmail.com](mailto:leslimcf@gmail.com); <sup>3</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, México, [fer\\_mildred@hotmail.com](mailto:fer_mildred@hotmail.com); <sup>4</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, México, [herreramunozjulieta@gmail.com](mailto:herreramunozjulieta@gmail.com); <sup>5</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, México, [190441@iberopuebla.mx](mailto:190441@iberopuebla.mx).

## Resumen

México es el quinto lugar de deforestación a nivel internacional. Puebla, en el municipio Cuetzalan del Progreso, cuenta con las condiciones necesarias para el crecimiento de bambú *Guadua paniculata*. El objetivo del presente trabajo es obtener papel a partir de bambú como fuente de celulosa para ayudar al ingreso económico de la población de Cuetzalan. La materia prima se trozó y trituró. Se pesaron 20g de bambú seco, se lavó y se sometió a hidrólisis básica, con una solución de hidróxido de sodio a una concentración de 1N, en seguida se sometió a una hidrólisis ácida con una solución de 1N de ácido sulfúrico. El sólido, fue licuado para colocarlo sobre un bastidor, para dejarlo secar durante 40 horas. Para determinar la mejor materia prima, se repitió el proceso usando bambú fresco, y bambú seco-fresco en una mezcla 50-50%. De los resultados obtenidos se decidió hacer uso de la mezcla. Para mejorar el refinamiento de la pulpa se variaron los tiempos de hidrólisis ácida. Se realizaron pruebas a 15, 30, 45, 60, 75 y 90 minutos. Para determinar la calidad, a las muestras se realizaron pruebas de: resistencia y cenizas. De las pruebas realizadas se concluye que la mezcla 50-50% de bambú seco-fresco es la mejor materia prima para obtener el producto. El tiempo óptimo de hidrólisis ácida es de 90 minutos. Se recomienda variar la mezcla de bambú seco-fresco.

**Palabras Clave:** Deforestación, Bambú, Papel, Hidrólisis.

## Introducción

Debido al reciente impacto y deterioro ambiental, la deforestación se ha posicionado como un problema mundial. En México se pierden más de 500 mil hectáreas de bosques y selvas, siendo el 5to lugar de deforestación a nivel internacional [1]. En el municipio de Cuetzalan del Progreso, ubicado en la Región Nororiental de Puebla, cuya actividad económica se basa en la producción y comercialización de café, cuenta con las condiciones necesarias para el crecimiento de bambú de especie *Guadua paniculata* [2], el cual se utiliza para proteger los cultivos de café para posteriormente ser desechados [3].

El bambú tiene propiedades químicas favorables para la creación del papel, ya que a pesar de su crecimiento nunca pierde las cantidades de lignina y celulosa que lo constituyen, la *G. paniculata* cuenta con 50% de celulosa y 30% de lignina, lo cual la hace favorable para la futura conversión de celulosa por la disponibilidad de esta a la hidrólisis [4].

La celulosa es el componente principal para la producción de papel, está compuesta por unidades de glucosa mediante puentes de hidrógeno combinada con lignina y hemicelulosa. Para que el papel tenga mejor rendimiento y resistencia necesita tener un menor porcentaje de glucosa

por lo tanto requiere de un menor residuo de hemicelulosa ya que de esta depende la composición de azúcares [5]. Existen diferentes métodos para la extracción de celulosa y su posterior transformación en papel. Uno de estos se lleva a cabo por medio de hidrólisis básica y ácida [6]. La hidrólisis básica tiene el fin de romper las cadenas de los enlaces de la lignina, la cual es la que da rigidez a la planta. Por otro lado, la hidrólisis ácida es la que causa variaciones en la resistencia mecánica del papel. De acuerdo a lo anterior, en este trabajo se propuso el objetivo de elaborar papel con bambú (*G. paniculata*), proveniente de la comunidad de Cuetzalan, Puebla.

## Metodología

La materia prima se obtuvo del municipio de Cuetzalan del progreso. Se obtuvieron dos tipos los culmos: secos y frescos. Los frescos se colectaron de la parte media de la planta de bambú, y fueron trasportados a temperatura ambiente a las instalaciones del IDIT.

Las muestras (frescas y secas) fueron cortadas con una fresadora y trituradas con un molino Interplastic IEM hasta obtener astillas. El proceso se repitió 6 veces hasta obtener partículas homogéneas. La biomasa obtenida del bambú seco fue pesada, enjuagada con agua corriente y fue sometida a hidrólisis básica con una muestra de 20g, en

una solución de NaOH a 1N a una temperatura de 500°C con agitación constante de 600 rpm hasta alcanzar el punto de ebullición, para posteriormente seguir calentando durante 15 minutos. En seguida, la muestra se dejó enfriar hasta temperatura ambiente, la biomasa fue separada con un colador para recuperar la biomasa y someterla a un proceso de lavados con agua corriente. Posteriormente, se llevó a cabo una hidrólisis ácida con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 1N en las siguientes condiciones: 500°C y agitación constante 800 rpm hasta alcanzar su punto de ebullición para posteriormente seguir calentando durante 15 minutos. La muestra se dejó enfriar hasta alcanzar una temperatura ambiente, la biomasa fue separada con un colador y sometida nuevamente a un proceso de lavados con agua corriente. Para obtener la pulpa, el sólido recuperado fue licuado con 200mL de dH<sub>2</sub>O para posteriormente extenderlo sobre un bastidor de 23.5cm x 14cm. Finalmente se dejó secar a temperatura ambiente durante 40 horas.

Con la intención de determinar cuál era la mejor materia prima a utilizar se repitió el proceso haciendo uso de bambú fresco, y una mezcla 50-50% de bambú seco y fresco.

De los resultados obtenidos se decidió hacer uso de la mezcla bambú seco-bambú fresco. Con la intención de mejorar el proceso, se decidió variar los tiempos de la hidrólisis ácida, para lograr un mejor refinamiento de la pulpa. Se realizaron 6 pruebas a diferentes tiempos de 15, 30, 45, 60, 75 y 90 minutos.

Para determinar los porcentajes de hemicelulosa se realizó una prueba de cenizas. La prueba de ceniza se realizó pesando 3g de cada muestra de papel, que se colocaron en un crisol, para someterlas a fuego, con un triángulo de tubos de porcelana y con el mechero de Bunsen, hasta su incineración. Se metieron a la mufla Lindberg ISB por dos horas y media a una temperatura de 550°C, y finalmente se pesaron.

Se realizaron pruebas de resistencia, las cuales consistieron en fragmentos de 2 cm x 2 cm, para posteriormente colgarle pesas, con la intención de determinar en qué momento se rasgaba. Los resultados se compararon con una hoja normal. Éstas se replicaron cuatro veces para tener una mayor seguridad sobre los resultados obtenidos.

## Resultados y Discusión

De las diferentes materias primas utilizadas: bambú seco, bambú fresco y 50-50% de bambú seco-fresco, se evaluó el producto obtenido, de acuerdo a las siguientes características: fibra, brillo y resistencia. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 1 y las comparaciones se muestran en las imágenes.

**Tabla 1.** Características de los productos obtenidos

Materia prima	Fibroso	Brillo	Resistencia
Bambú seco	1	3	1
Bambú húmedo	3	1	3
50-50% bambú seco-húmedo	2	2	2

1 Poco 2 Regular 3 Demasiado



**Imagen 1.** Papeles analizados (Bambú seco, fresco y mezcla)

Prueba de cenizas.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas:

**Tabla 2.** Resultados del porcentaje de cenizas

Producto obtenido: tiempo de hidrólisis ácida (min)	Porcentaje de cenizas
15	0.25%
30	0.43%
45	0.57%
60	0.65%
75	0.16%
90	0.07%

El porcentaje de ceniza indica la cantidad de hemicelulosa restante en la muestra, por lo tanto, a menor porcentaje de ceniza mayor resistencia. Por consiguiente, el papel a 90 minutos de hidrólisis ácida es mejor, ya que cuenta con un porcentaje menor de cenizas.

Prueba de resistencia.

A continuación, se presenta la tabla número 3, en la que se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas:

**Tabla 3.** Resultados pruebas de resistencia

Producto obtenido: tiempo de hidrólisis ácida (min)	Resistencia (g)
15	10
30	10
45	14
60	6
75	20
90	100

Estas pruebas fueron realizadas en comparación a una hoja normal, la cual tenía una resistencia de 200g, por lo tanto, la más cercana a este valor es la de hidrólisis ácida a 90 minutos.

### Conclusiones.

De los resultados obtenidos se concluye que la mezcla 50-50% de bambú seco-fresco es la mejor materia prima para obtener el producto.

Tomando como referencia los resultados de las muestras, la muestra con una hidrólisis de 90 minutos presenta una mejor resistencia y menor porcentaje de cenizas.

Se eliminó un lavado y cloración para disminuir costos y consumo de agua.

Debido a que fue exitosa la obtención de papel mediante la metodología empleada, se puede concluir que es viable el bambú *G. paniculata* proveniente de Cuetzalan para poder crear papel que sirva para productos que ayuden a la economía de las zonas en donde se utiliza.

### Recomendaciones

Para obtener un papel más resistente se requiere hacerlo más delgado.

Se recomienda variar la mezcla de bambú seco-fresco para determinar la mejor, así como los tiempos en la hidrólisis básica, fijando sólo la hidrólisis ácida a 90 minutos.

### Referencias

- [1] González, J. (2017) Deforestación en México [Citado el 22 de septiembre de 2019] Extraído de file:///C:/Users/190968/Downloads/CESOP-IL-72-14-DeforestacionEnMexico-310717.pdf
- [2] Cedeño, A. e Irigoyen, J. (2011) El bambú en México [Citado el 20 de noviembre de 2019] Extraído de [https://www.usjt.br/arq.urb/numero\\_06/arqurb6\\_06\\_ponto\\_de\\_vista\\_03\\_alberto\\_cedeno.pdf](https://www.usjt.br/arq.urb/numero_06/arqurb6_06_ponto_de_vista_03_alberto_cedeno.pdf)
- [3] Zaragoza-Hernández, I. (2012, junio 29) Scielo [Citado el 20 de septiembre de 2019] Extraído de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712014000300008](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712014000300008)
- [4] Maya, J.M., Camargo, J.C y Marino, O. (2017) Características de los culmos de guadua de acuerdo al sitio y su estado de madurez. [Citado el 20 de noviembre de 2019] Extraído de <http://www.scielo.org.co/pdf/cofo/v20n2/v20n2a06.pdf>
- [5] Sanz, A. (2015) Tecnología de la celulosa. La industria papelera. [Citado el 22 de noviembre de 2019] Extraído de <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>
- [6] Villavicencio, et al. "Process to produce a high quality paper product and an ethanol product from bamboo", U.S. Patent 5 198 074, Mar, 30, 1993
- [7] Cárdenas, V., Gómez, M. y Padilla, L. (2018) Degradación de celulosa y producción de etanol a partir del aserrín de guadua utilizando el sistema biológico. [Citado el 21 de noviembre de 2019] Extraído de <https://es.scribd.com/document/378096860/Metodología-para-determinar-celulosa-pdf>
- [8] Hernández, (2010). La participación en los procesos de desarrollo. El caso de cuatro organizaciones de la sociedad civil en el municipio de Cuetzalan. [Citado el 19 de septiembre del 2019] Extraído de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212011000100005](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212011000100005)
- [9] Santos, M. (2018) México y el preocupante retroceso del bosque. [Citado el 19 de septiembre de 2019] Extraído de <https://www.forbes.com.mx/mexico-y-el-preocupante-retroceso-del-bosque/>
- [10] Alarcón, L. y Quiroga, O. (2015) Desarrollo de un proceso de innovación tecnológica para la producción industrial de papel. *SEPROSUL*, 1 (1), 1-4
- [11] Piaún, N. (2019) Determinación de un proceso adecuado para disolver la base de celulosa de bambú para su posterior extrusión. *FICA*, 1 (1), 1-4.