

# PAPEL ARTESANAL DE PAJA DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.)

ARTISANAL PAPER FROM SUGAR CANE (*Saccharum* spp.) STRAW

Salgado-García, S.<sup>1</sup>; Córdova-Sánchez, S.<sup>2\*</sup>; Turrado-Saucedo, J.<sup>3</sup>; Saucedo-Corona, A.R.<sup>3</sup>;  
Fuentes-Martínez, J.G.<sup>3</sup>; García-Estrada, Y.<sup>1</sup>; López-Velázquez, L.Y.<sup>1</sup>; García-Alcocer, S.K.<sup>2</sup>; García-Alcocer, N.K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Grupo MASCAÑA. Periférico Carlos A. Molina km 3.5, H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. <sup>2</sup>División Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Popular de la Chontalpa. Cuerpo Académico de Química Verde y Desarrollo Sostenible (CA-QVyDS). H. Cárdenas, Tabasco, México. C. P. 86500. <sup>3</sup>Departamento de Madera, Celulosa y Papel/CUCEI. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco, México. C. P. 45200.

\*Autor de correspondencia: sacorsa\_1976@hotmail.com

---

## RESUMEN

El papel es uno de los materiales indispensable para el funcionamiento de muchas actividades humanas, tales como salud, educación, alimentación, entre otras. Debido a esto, el objetivo del presente trabajo fue elaborar papel artesanal a partir de fibra celulósica extraída de paja de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Las fibras se extrajeron por medio de sosa y artesanal. Por cada 1000 g de paja se obtuvieron 365 g de pulpa de celulosa que se transformaron en  $70 \pm 3$  hojas de papel artesanal, con un tamaño de hoja cercano al tamaño carta, con peso promedio de 9.5 g. La fibra de celulosa permite formar hojas con un promedio 8.4 g de grosor, no requieren someterse a evaluaciones de propiedades, ya que estas hojas son un arte, y la belleza final depende de la creatividad de los artesanos.

**Palabras clave:** subproducto, diversificación, hoja, fibra, celulosa.

## ABSTRACT

Paper is one of the essential materials for the functioning of many human activities, such as health, education, diet, among others. Due to this, the objective of this study was to elaborate artisanal paper from cellulose fiber extracted from sugar cane (*Saccharum* spp.) straw. The fibers were extracted with caustic soda and artisanal methods. For every 1000 g of straw, 365 g of cellulose pulp were obtained, which were transformed into  $70 \pm 3$  leaves of artisanal paper with a leaf size close to letter size, with average weight of 9.5 g. The cellulose fiber allows forming leaves with an average of 8.4 g of thickness, which do not need to be subjected to evaluations of their properties, since these leaves are art and the final beauty depends on the creativity of artisans.

**Keywords:** byproduct, diversification, leaf, fiber, cellulose.

---

**Agroproductividad:** Vol. 10, Núm. 11, noviembre. 2017. pp: 48-53.

**Recibido:** mayo, 2017. **Aceptado:** octubre, 2017.

## INTRODUCCIÓN

**México** tiene un consumo aparente de papel de siete millones de toneladas y su capacidad instalada es de 5.8 millones. Para satisfacer este consumo se tiene que importar celulosa de otros países. En 2015 utilizó 5.2 millones de t de fibra de residuos de papel y el resto de fibra virgen. Una alternativa de producción de pulpa para satisfacer esta demanda industrial es continuar la búsqueda de materiales fibrosos no maderables (Molina y Monreal, 2004; CNICP, 2011). La paja se define como los residuos de cosecha en verde de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.), que comprende hojas secas y puntas, y es un residuo benéfico cuando se usa correctamente; por ejemplo, incorporación al suelo, alimentación de ganado bovino u ovino, producción de etanol, y quema en caldera para generación de electricidad (Salgado-García *et al.*, 2014) y pulpa de celulosa (García-Estrada, 2015). México es el séptimo productor mundial de azúcar y en la zafra 2015-2016 la superficie cosechada fue de 778,930 ha (CAÑEROS, 2014), con un rendimiento de paja seca de 18 t ha<sup>-1</sup> (Salgado-García *et al.*, 2014). La producción potencial de paja de caña es de 14, 020,740 t anuales, de las cuales 50 % podrían ser utilizadas para la producción de papel comercial, artesanal o ambos y así mejorar los ingresos económicos de los productores por su venta. En la literatura mundial la información sobre el uso de paja de caña de azúcar para extraer celulosa para elaborar papel es escasa. Algunos resultados indican su uso potencial (Costa *et al.*, 2013; Szczerbowski *et al.*, 2014). La celulosa es un homopolisacárido natural que consta de unidades de D-glucosa, enlazadas por uniones de 1,4'- $\beta$ -D-glicosídicos (Maya y Sabu, 2008). En cereales, el uso de la paja para producir papel de embalaje fue liderado por Alemania hasta 1973 (Boguslawski y Debruck, 1983). Sin embargo, en la actualidad se requiere

generar más información sobre el potencial de la paja de caña para elaborar papel artesanal. Por ello, el objetivo fue elaborar papel artesanal a partir de la fibra celulósica extraída de la paja de la caña de azúcar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención de la paja de caña

Las pacas de paja utilizadas en este experimento provinieron de una plantación de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) cultivada con la variedad MEX 79-431 del poblado C31, que pertenece al área de abastecimiento de caña del Ingenio Presidente Benito Juárez en Tabasco, México (Figura 1). La paja de las pacas se llevó al Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, donde recibió dos procesos.

**Método artesanal.** La paja se picó en una picadora de forraje con malla de 4 mm. A la postre esta muestra se secó en una estufa de aire forzado a 65 °C por 24 h. Posteriormente, este material se molió (molino Wiley) con un tamiz de 4 mm. La pulpa de celulosa se extrajo con el método a la sosa, en el laboratorio Central del Campus Tabasco (García-Estrada, 2015). En un litro de agua, 300 g de hidróxido de sodio (sosa cáustica comercial), se colocó la paja en una olla de peltre de 10 L, se adicionó la solución de hidróxido de sodio, se aforó la olla con agua, se colocó al fuego, y con una pala de madera se movió el material para homogeneizar la cocción. Una vez que se observó la primera burbuja se dejó calentar por 20 min a 90 °C y posteriormente se reposó por 30 minutos para enfriar y lavar con agua corriente, después se enjuagó cinco veces y la muestra se desfibró manualmente.



**Figura 1.** A: Paja de caña. B: Generación de paja con la cosecha mecanizada. C: Vista de los paquetes de fibras y material parenquimatoso de la paja. D: Largo de fibras de celulosa.

**Método a la sosa.** El tamaño de la fibra corresponde al picado que hace la cortadora de caña al momento de la cosecha en verde. La fibra de celulosa se extrajo con el método a la sosa en el Departamento de Madera, Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara, que consistió en tomar una muestra de 678.5 g de paja seca; se preparó una solución de NaOH al 30 % (peso/volumen). Ambos componentes se colocaron en un digestor enchaquetado y aforó a 10 L. Se inició el proceso de cocción hasta los 160 °C a presión de 115 pci. Una vez alcanzados estos valores, la corriente de calor se disminuyó y procedió a dejar una hora a una temperatura y presión constante. Posteriormente se retiró el licor negro del digestor y enseguida se retiró la materia prima. La pasta se colocó en un recipiente plano con malla No. 200, donde se extrajeron los haces de fibras que no se había separado, lavándose seguidamente con agua corriente a chorro para eliminar cualquier resto químico (Figura 2).

**Elaboración de papel artesanal con pulpa de celulosa.** Se preparó una solución de agua-pulpa de celulosa, para lo cual se mezclaron 770 mL de agua purificada con 80 g de celulosa seca provenientes de dos métodos de extracción a la sosa y artesanal, y se agitó separadamente; se dejó reposar por 24 h. Terminado este tiempo se eliminó el exceso de agua. La celulosa hidratada y 500 mL de agua purificada se licuaron. Una vez que se obtuvo la mezcla se diluyó en 5 L de agua contenida en una tina de plástico y agitó para homogenizar la mezcla. Se sumergió el bastidor lateralmente en un ángulo de 45° aproximadamente; se extrajo el bastidor, cuidando que sea lo más horizontalmente para que la pulpa se distribuya uniformemente, sin permitir acumulaciones en deter-

minadas zonas, y se dejó drenar el agua sobre la misma tina. El bastidor con la pasta se colocó boca abajo sobre el fieltro. Con una esponja se retiró el exceso de agua; inmediatamente, se realizó el despliegue del bastidor pasando el dedo por la orilla interna. Se colocó un fieltro sobre la hoja húmeda y repitió el proceso para formar otras hojas. Las hojas se secaron al aire libre. Por último, el despegue de la hoja formada se hizo cuando esta empezó a despegar de las orillas por sí sola (Hernández, 2008) (Figura 3) (García, 2015).

### Elaboración de papel artesanal con fibra de celulosa.

Parte de la fibra de celulosa fue secada con presión manual para retirar exceso de agua. La formación de la hoja es similar al anterior proceso, únicamente que se utiliza una tina con 5 L de agua, la cual se mezcla homogéneamente y en seguida se introduce el bastidor (Figura 4). El resto es similar y se repite hasta lograr el número de hojas deseadas; por último, las hojas se someten a prensado para eliminar restos de humedad y esperar que sequen. Para este ensayo se elaboraron tres hojas con fibra de celulosa natural, fibra de celulosa, más aditivo (trementina al 0.5 % con respecto a la fibra base seca diluida en 100 mL de alcohol, fibra de celulosa con pétalos de flores, fibra de celulosa mezclado con papel reciclado donde el porcentaje puede ser variado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Papel artesanal con pulpa de celulosa

Por cada 1000 g de paja se recuperaron 365 g de fibra de celulosa y formaron  $70 \pm 3$  hojas de papel artesanal. El tamaño de las hojas de papel fue muy cercano al tamaño carta, con un peso promedio de 9.5 g, respectivamente (Cuadro 1).



**Figura 2.** Proceso de elaboración de fibras de celulosa. A: Llenado del digestor con paja, NaOH y agua. B: Paso de la fibra en la pila holandesa. C: Desfibrilado de la paja a los 15 min. D: Calidad de la fibra de celulosa.



**Figura 3.** Proceso de elaboración de papel artesanal con fibra de celulosa blanqueada. A: Pulpa de celulosa hidratada. B: Formación de hoja. C: Eliminación de exceso de humedad. D: Hoja de papel húmeda.



**Figura 4.** Proceso de elaboración del papel artesanal con fibra de celulosa. A: Disolución de la fibra de celulosa en agua. B: Extracción del bastidor con la hoja formada. C: Separación del soporte del bastidor. D: Colocación de la hoja sobre la hoja de tela.

La Figura 5 muestra la fibra de celulosa, pulpa de celulosa, y hojas elaboradas con la pulpa de celulosa obtenida por el método a la sosa y por el método artesanal.

Con fines de aprovechar los residuos de paja es posible realizar extracciones de fibra de celulosa con el método artesanal, eliminando el procedimiento de blanqueo, puesto que los tonos de las fibras en el papel artesanal son deseables.

### Papel artesanal con fibra de celulosa

En la cocción al 30% de NaOH se obtuvo una pasta de buena consistencia y con 10 % de rechazo fue necesario pasar por la pila holandesa durante 15 minutos con el fin de obtener una pulpa mejor y formar hojas con 8.4 g de grueso promedio. Las hojas de papel artesanal no requieren ser sometidas a evaluación de propiedades, ya que estas son un arte y la belleza final depende de la creatividad de los artesanos. La Figura 6 muestra las hojas elaboradas a partir de la fibra de celulosa. Estas conservan su color natural. Las de papel artesanal natural tienen un costo de \$10.00 MX (USD\$0.5).

Las hojas de papel artesanal pueden ser usadas como piezas de arte al incluir flores e insectos como mariposas, cuyo precio en el mercado artesanal puede ser mayor a \$ 150.00 cada pieza (USD\$7.50), lienzos para pinturas, forros de libretas, agendas, diarios y cuadros cuyo precio puede ser mayor a USD\$ 75.00 (Figura 7). También la fibra de celulosa con aditivos puede ser usada para elaborar recipientes biodegradables (Figura 7); para ello, solo debe recubrirse el molde deseado con la fibra de celulosa. En Europa

**Cuadro 1.** Algunas características de las hojas de papel elaboradas con pulpa de celulosa extraída por los métodos a la sosa y artesanal.

Hoja a la Sosa	Tamaño (cm)	Peso (g)	Grosor (mm)
1	21.5×28	7.9	0.83
2	21.5×28	7.7	0.6
3	21.3×27.5	10.9	0.65
4	19×27	7.9	0.82
5	21.4×28	7.7	0.66
Media	24.32	8.42	0.71
dS	0.45	1.38	0.1
Hoja Artesanal	Tamaño (cm)	Peso (g)	Grosor (mm)
1	22×27.5	13.5	1.1
2	21.5×28	8.5	0.77
3	21.5×27.5	9.7	0.78
4	21×27.5	6.5	0.51
Media	24.56	9.55	0.79
dS	0.11	2.94	0.24



**Figura 5.** Materiales celulósicos. A: Fibra de celulosa. B: Pulpa de celulosa. C: Hoja de papel artesanal elaborado con pulpa de celulosa extraída con el método a la sosa. D: Hoja de papel artesanal elaborado con pulpa de celulosa extraída con el método artesanal.

la tendencia a usar vasos y platos elaborados con celulosa por ser biodegradables tiene alta demanda y otro uso pueden ser los recipientes para contener los productos orgánicos.

### CONCLUSIONES

El método a la sosa y artesanal fueron similares en la cantidad de fibra de celulosa recuperada y su rendimiento fue similar con 39.5 %. Con el método artesanal se extrajo menor cantidad de celulosa en comparación

con el de la sosa, ya que este último superó al primero en 6.96 % de rendimiento. Sin embargo, no debe desecharse el método artesanal ya que resulta más económico. Con la celulosa extraída por ambos métodos fue posible elaborar papel. El peso y grosor de las hojas fue mayor con el método casero, lo cual se puede atribuir a la mayor dureza de la celulosa determinada al tacto y



**Figura 6.** Hojas de papel elaboradas con fibra de celulosa. A: Fibra de celulosa natural. B: Fibra de celulosa más aditivo. C: Fibra de celulosa con pétalos de flores; y D: Fibra de celulosa mezclado con papel reciclado.



**Figura 7.** Usos alternativos del papel artesanal. A: Hoja con pétalos y mariposas. B: Pintura en papel. C: Forros de agendas. D: Elaboración de cuadros artísticos. E: Elaboración de recipientes.

por la saturación de la solución agua-pasta de celulosa. Las hojas de papel artesanal no requieren ser sometidas a evaluaciones de propiedades, ya que estas son un arte y la belleza final depende de la creatividad de los artesanos.

## AGRADECIMIENTOS

Al grupo MASCAÑA-LPI-2: AESS del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, México por el apoyo económico y las facilidades para realizar el presente trabajo en el Laboratorio Central y al Departamento de Madera, Celulosa y Papel/ CUCEI de la Universidad de Guadalajara, México.

## LITERATURA CITADA

- Boguslawski E., Debruck J. 1983. La paja y la fertilidad de los suelos. Editorial Continental. México. 90 p.
- CAÑEROS. 2014. Unión nacional de cañeros, A.C.-CNPR. Estadísticas de la Agroindustria de la Caña de Azúcar 2004-2013. Consolidado nacional e Ingenio Benito Juárez. Consultado el 7 de Julio de 2014 en [http://www.caneros.org.mx/site\\_caneros/estadisticas/nacional.pdf](http://www.caneros.org.mx/site_caneros/estadisticas/nacional.pdf)
- CNICP. 2011. Programa de desarrollo sustentable de la Industria 2011-2016. México, D.F. Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el Papel, A.C. 13 p.
- Costa S.M., Mazzola P.G., Silva J.C.A.R., Pahlc R., Pessoa A.Jr., Costa, S.A. 2013. El uso de paja de la caña de azúcar como fuente de fibra de celulosa para la producción de textiles. Cultivos y Productos Industriales 42: 189-194.
- García-Estrada Y. 2015. Elaboración de papel artesanal de paja de caña de azúcar. Tesis profesional de Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo. Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco, México. 50 p.
- Hernández O.M. 2008. Elaboración y caracterización del papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña *Ananas comosus* (L.) Merr. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. México. 118 p.
- Molina M., Monreal, S. 2004. Papel de madera. Una reflexión sobre la productividad y uso del papel en México. Consultado el 5 de Julio de 2014 en: <http://www.mexicoforestal.gob.mx/nota.php?id=16>
- Salgado-García S., Aranda-Ibañez E., Castelán-Estrada M., Ortiz-Laurel H., Palma-López D.J., Córdova-Sánchez S. 2014. Qué hacer con la paja de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar. Agroproductividad 7: 5-10.
- Szczerbowski C., Pitarelob A.P., Zandoná A. Jr., Ramos L.P. 2014. Sugarcane biomass for biorefineries: Comparative composition of carbohydrate and non-carbohydrate components of bagasse and Straw. Carbohydrate Polymers 114: 95-101.
- Maya J., Sabu T. 2008. Biofibres and biocomposites. Carbohydrate Polymers 71: 343-364.