

## Características del papel artesanal elaborado con hojas residuales de maíz, pochote (Kapok) y papel reciclado

Characteristics of handmade paper made with residual corn leaves, pochote (Kapok) and recycled paper

Gabriela Arroyo Figueroa\*, Mariana Guadalupe Ramírez González, Adrián Esau González Quiroz, Natalia Martínez Ayala, Carlos Hernán Herrera Méndez, Tarsicio Medina Saavedra

Departamento de Ingeniería Agroindustrial, división de ciencias de la salud e ingenierías, Campus Celaya Salvatierra.  
g.arroyo@ugto.mx\*

### Resumen

La generación de residuos sólidos está aumentando en muchos sectores agroindustriales, una medida para su disminución es el reciclaje. Como ejemplo la producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz fluctúa entre las 20 y 35 toneladas por hectárea, por lo que la hoja de residuo del maíz puede usarse como soporte en la fabricación de papel. Por otro lado, la fibra algodonosa (Kapok) de la Ceiba pentandra, malvácea conocida como pochote, se usa como aislante térmico y acústico en cámaras frigoríficas o aviones; además de ser relleno de almohadas. Además, puede ser usada como complemento en la pulpa de papel reciclado. Debido a la situación ambiental actual es de vital importancia impulsar en la medida de lo posible el desarrollo forestal, y la utilización racional de los recursos forestales con el uso de los residuos agroindustriales generados, y otras fibras manejadas en la fabricación de celulosa y la producción sustentable del papel. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue elaborar papel con hojas residuales de maíz, pochote y papel reciclado, y determinar algunas características del papel artesanal obtenido (pH, porcentaje de humedad y color) y finalmente comparar estas características con un papel comercial. La metodología consistió en la elaboración del papel de manera artesanal, se pusieron a remojar las hojas residuales de maíz y el pochote en agua potable. A parte se recortaron las hojas a reciclar y se remojaron con agua potable, ambas fueron llevadas a una licuadora industrial, la pasta o pulpa obtenida se llevó a un recipiente de plástico y con marcos de madera o bastidores se formaron las hojas artesanales, a las cuales se les retiro la mayor cantidad de agua mediante una esponja y se dejaron secar bajo presión y luego se llevaron a una plancha de vapor, y posteriormente se determinó el pH (solución al 10%, con agua destilada), el porcentaje de humedad mediante una termobalanza y el color con un colorímetro CR-400 marca Minolta en coordenadas CIELab\*. Los resultados fueron comparados con los obtenidos en una hoja comercial. Como resultados el papel artesanal elaborado obtuvo un pH de 8.7, contra el comercial con un pH de 7.5. Y un porcentaje de humedad de 24.26% contra el papel comercial de un 8% de humedad, en cuanto al color el papel artesanal fue más oscuro ( $L^*=81.43$ ), que el papel comercial ( $L^*=90.73$ ). Se observa por lo tanto un papel más alcalino, más oscuro y con un mayor porcentaje de humedad, posiblemente adquirida por la cantidad de fibra dentro de la mezcla, por lo que se precisa hacer un ajuste al producto final. Estos resultados son un avance al empleo de residuos agroindustriales y el pochote, en la pulpa de papel reciclado para la elaboración de papel artesanal.

**Palabras clave:** residuo agroindustrial, kapok, maíz, papel artesanal, papel reciclado.

### Introducción

La generación de residuos sólidos está aumentando en muchos sectores industriales; por lo tanto, se requieren medidas efectivas para garantizar un descarte de residuos que sea ambientalmente adecuado y económicamente viable (Quina et al., 2018). Una medida de las más exitosas es el reciclaje, que se puede definir como un proceso mediante el cual un material previamente recuperado del flujo de residuos sólidos se reintegra a la cadena de uso, disminuyendo la cantidad de desechos permitiendo que los productos de los residuos sean nuevamente utilizados (Alarcón et al., 2018). Por lo que teniendo en cuenta que el ciclo del papel inicia en el bosque, es de vital importancia para las industrias de la celulosa y del papel, impulsar en la medida de lo posible el desarrollo forestal y la utilización racional de los recursos forestales con la utilización de los residuos generados con otras fibras utilizadas en la fabricación de celulosa y la producción sustentable del papel; todo ello en la búsqueda de un desarrollo con calidad y beneficios ambientales, económicos y

sociales de trascendencia para las generaciones actuales y las futuras (Conafor, 2010). De igual manera es necesaria la caracterización de las fibras para conocer su composición química, su morfología y la cantidad que se genera. Con esto se pueden definir las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento, aunado a un enfoque de responsabilidad ambiental (Prado-Martínez et al., 2012).

El Kapok de la Ceiba pentandra (Figura 1), malvácea conocida como pochote es un género representado por 17 especies, con distribución en América (Gibbs y Semir, 2002; Gufa-Ramirez et al., 2021; Guía-Ramírez et al., 2021); crece principalmente en las zonas cálido-húmedas y subhúmedas del Neotrópico. Se diferencia de otros árboles caducifolios de la misma zona ecológica por la presencia de elementos cónicos apiculados en la corteza, a los que se les denomina indistintamente espinas o acúleos (Carranza-Núñez et al., 2021; Rodríguez et al., 2015). La fibra algodonosa que rodea a los frutos puede ser utilizada como aislante térmico y acústico en cámaras frigoríficas o aviones; además de ser relleno de almohadas. Se reporta que la fibra se puede usar como pulpa para papel (SEMARNAT, 2003; Orantes-García, 2013).



Figura 1. Kapok de la Ceiba pentandra, malvácea conocida como pochote (fotografía obtenida de la revista México desconocido).

Mientras que, el maíz (*Zea mays*) es una planta herbácea anual, nativa del hemisferio norte, originaria de México desde hace unos 10 mil años y que se cultiva en todo el mundo. Representa una de las principales fuentes de alimentación para casi todas las comunidades de México. Las regiones ganaderas de México, cada año destinan más maíz para la alimentación animal, ya sea para ensilaje o como forraje seco. La producción de biomasa residual que genera un cultivo de maíz (cañas, hojas de maíz, hojas de mazorca de maíz y mazorcas) fluctúa entre las 20 y 35 toneladas por hectárea y en el maíz de choclo (cañas y hojas), varía de 16 a 25 toneladas por hectárea (Prado-Martínez et al., 2012; Silva-Yumi et al., 2021). Debido a la gran cantidad de residuos que la industria agraria del maíz (aproximadamente 10 toneladas de residuos por hectárea) que se genera en México, se tendría una solución óptima para el problema del manejo y tratamiento de estos, así como para el aprovechamiento de los recursos naturales (Morales, 2024). Por lo que el objetivo del presente trabajo fue elaborar papel con hojas residuales de maíz, pochote y papel reciclado, y determinar algunas características del papel artesanal obtenido (pH, porcentaje de humedad y color) y finalmente comparar estas características con un papel comercial.

## Metodología

La metodología consistió en dos etapas, la primera consistió en la elaboración del papel de manera artesanal, la segunda etapa consistió en la determinación de las características del papel elaborado: se determinó el pH (solución al 10%, con agua destilada), el porcentaje de humedad mediante una termobalanza y el color con un colorímetro CR-400 marca Minolta en coordenadas CIELab\*.

Primera etapa: Elaboración de papel

Se pusieron a remojar las hojas residuales de maíz y el pochote en agua potable durante 24 h (Figura 2). A parte se recortaron las hojas a reciclar y se pusieron en un recipiente con agua potable a remojar por un periodo de 12 h (Figura 2), ambas mezclas se pusieron en una licuadora industrial en donde se desintegraron las hojas de maíz con el pochote y se mezclaron con las hojas recicladas ya remojadas (Figura 2).



Figura 2. hojas residuales de maíz y el pochote remojado en agua potable y pasta de papel reciclado (fotografía autoría propia).

La pasta o pulpa obtenida se colocó en un recipiente de plástico y se agregó la cantidad de agua necesaria, dependiendo del grosor de la hoja deseado: para menor grosor, más cantidad de agua; para mayor grosor, menor cantidad de agua (pasta más concentrada). Posteriormente los marcos de madera o bastidores para hoja tamaño carta, se metieron al recipiente de plástico que contenía la pasta, se sacó con cuidado el bastidor, mezclando la pasta para que quede la hoja formada de manera homogénea, sintiendo la tensión superficial y dejando escurrir el agua de exceso dentro del bastidor. Se volteó el bastidor de manera que se quedará la hoja en una tela de algodón (Figura 3), a la parte posterior del bastidor se les retiró la mayor cantidad de agua mediante una esponja y se formaron las hojas artesanales, las cuales se dejaron secar bajo presión y luego se colocaron en una plancha de vapor.



Figura 3. Bastidores empleados para la obtención del papel y papel artesanal obtenido (fotografía autoría propia).

### Segunda etapa: Determinación de las características del papel

Una vez obtenido el papel artesanal, se determinaron las características del papel obtenido y de un papel comercial, mediante las siguientes pruebas: Análisis del pH, se cortó un pedazo de papel (artesanal y comercial), se pesó para obtener una solución al 10%, con agua destilada, se agitó y se llevó a un potenciómetro manual ya estandarizado, determinando el pH de la solución (Figura 4, A). Determinación del porcentaje de humedad, una muestra de 5g del papel (artesanal y comercial), se colocaron dentro de la termobalanza modelo MB23 marca OHAUS a una temperatura de 103°C, durante 30 min, registrando el resultado obtenido (Figura 4, B). Evaluación del color, tanto para el papel artesanal, como para el papel comercial se realizó la medición del color en las coordenadas CIELab\*, mediante un colorímetro CR-400, marca minolta. (Figura 4, C).



Figura 4. Fotografía de las pruebas realizadas: (A) análisis de pH, (B) Determinación del % de humedad, (C) Evaluación del color (fotografía autoría propia).

## Resultados y discusiones

Se obtuvo un papel artesanal con vista agradable, mismo que puede ser usado para impresiones o invitaciones. En la tabla 1, se muestran los resultados obtenidos en todas las pruebas tanto para el papel artesanal como para el papel comercial. El papel artesanal elaborado obtuvo un pH de 8.7, contra el comercial con un pH de 7.5. Con un porcentaje de humedad de 24.26% contra el papel comercial de un 8% de humedad. Se observa un porcentaje muy elevado en comparación al obtenido para el papel comercial, sin embargo, Linares-Castañeda et al, (2021), mencionan que el % de humedad varía de acuerdo con la concentración de fibra y el tipo de fibra agregada en la elaboración de papel. En este caso se agregó la fibra de maíz y kapok, pero no se cuidaron las proporciones o concentraciones de ambas. Por lo que sería preciso realizar pruebas en función a la concentración de ambas fibras. En cuanto al color el papel artesanal fue más oscuro ( $L^*=81.43$ ), que el papel comercial ( $L^*=90.73$ ). Se observa por lo tanto un papel artesanal más alcalino, más oscuro y con un mayor porcentaje de humedad, posiblemente adquirida por la cantidad de fibra dentro de la mezcla, lo cual fue mencionado también por Linares-Castañeda et al, (2021). Por lo que se precisa hacer un ajuste al proceso de la elaboración del papel buscando que las características del producto final sean semejantes al papel comercial.

**Tabla 1.** Resultados obtenidos en pruebas realizadas para el papel artesanal y el papel comercial

Tipo de Papel	pH	Humedad (%)	Coordenadas CIELab*
Artesanal	8.7	24.6	L: 81.43, a*:0.83, b*: 9.81
Comercial	7.5	8	L: 90.73, a*: 2.84, b*: -4.53

## Conclusiones

Aunque existe una diferencia en las características del papel artesanal contra el papel comercial, el papel elaborado posee características especiales en las que no compite con el industrial. Y es una buena alternativa para disminuir la contaminación del medio ambiente, usando los residuos que muchas de las veces se desechan, además del reciclar el papel. Estos resultados son un avance al empleo de residuos agroindustriales y el pochote, en la pulpa de papel reciclado para la elaboración de papel artesanal.

## Referencias

- Alarcón Rojas, J. M., Opayome Montañó, M. C., & Velásquez Camacho, L. Y. (2018). El reciclaje, una estrategia de educación ambiental socialmente responsable. *Perspectivas*, 2(7), 60–69. Recuperado a partir de <https://revistas.uniminuto.edu/index.php/Pers/article/view/1595>

- Carranza-Nuñez, U., Ramiro Vasquez-Garcia, S., Flores-Ramirez, N., Ahmed Abdel-Gawwad, H., Luis Rico, J., Arizbe Santiago, A., & Cruz-de-León, J. (2021). Physicochemical Characterization of Natural Fibers Obtained from Seed Pods of *Ceiba aesculifolia*. *BioResources*, 16(2).
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). (2010). Ley Forestal Abrogada 2023. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, [www.conafor.gob.mx/portal/docs/subsecciones/normateca/LGDFS.pdf](http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/subsecciones/normateca/LGDFS.pdf). México DF, 74 p.
- Gibbs, P., & Semir, J. (2002). A taxonomic revision of the genus *Ceiba* Mill. (Bombacaceae). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 60(2), 259-300.
- Gufa-Ramirez, S., Terrazas, T., Aguilar-Rodriguez, S., Yáñez-Espinosa, L., & Tejero-Diez, J. D. (2021). Desarrollo de la corteza: Estudio comparativo en dos especies de *Ceiba* (Malvaceae)/Bark development: Comparative study of two *Ceiba* (Malvaceae) species. *Acta Botánica Mexicana*, (128), 11-11.
- Guía-Ramírez, S., Terrazas, T., Aguilar-Rodríguez, S., Yáñez-Espinosa, L., & Tejero-Díez, J. D. (2021). Desarrollo de la corteza: Estudio comparativo en dos especies de *Ceiba* (Malvaceae). *Acta botánica mexicana*, (128).
- Linares-Castañeda, A., Corzo-Ríos, L. J., Bautista-Ramírez, E., & Gómez y Gómez, Y. D. L. M. (2021). Elaboración de un envase primario para alimentos a partir de residuos de maíz y piñón mexicano. TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas, 24. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.365>
- Morales Mora, N. M. (2024). Uso de biomasa residual de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), maíz (*Zea mays*) y bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y su impacto en la conservación del medio ambiente (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).
- Orantes-García, C., Pérez-Farrera, M. Á., del Carpio-Penagos, C. U., & Tejeda-Cruz, C. (2013). Aprovechamiento del recurso maderable tropical nativo en la comunidad de Emilio Rabasa, Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Madera y bosques*, 19(3), 07-21.
- Prado-Martínez Maribel, Anzaldo-Hernández José, Becerra-Aguilar Bruno, Palacios-Juárez Hilda, Vargas-Radillo José de Jesús & Rentería-Urquiza Maite (2012). Caracterización de hojas y mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y Bosques* 18(3), 37-51. Scielo. <https://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v18n3/v18n3a4.pdf>.
- Quina Margarida J., Bontempi Elza, Bogush Anna, Schlumberger Stefan, Weibel Gisela, Braga Roberto, Funari Valerio, Hyks Jiri, Rasmussen Erik, Lederer Jakob. (2018). Technologies for the management of MSW incineration ashes from gas cleaning: New perspectives on recovery of secondary raw materials and circular economy. *Science of The Total Environment*. Volume 635, Pages 526-542. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.150>.
- Rodríguez, E. F. R., Izquierdo, E. A., Velásquez, L. P., Rodríguez, E. H., & Alva, A. S. (2015). Notas sobre Malvaceae subfamilia Bombacoideae en la región La Libertad, Perú. *Rebiol*, 35(2), 90-101. Recuperado a partir de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/1080>
- SEMARNAT. (2003). Catálogo de especies con usos no maderables en bosques tropicales y subtropicales de Durango, Chihuahua, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.
- Silva-Yumi, J., Holguin, W. P., & Serrano, C. M. (2021). Agroindustrial Waste As Potential Source for Obtaining Nanocellulose. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of STEAM*, 1033-1043.