

## OBTENCIÓN DE RAYÓN A PARTIR DE RESIDUOS LIGNOCELULOSICOS NO MADERABLES

---

*Cintya Valerio Cárdenas*

Profesor de Tiempo Completo de la  
Universidad Popular de la Chontalpa  
<https://orcid.org/0000-0002-1214-8702>

*Patricia de la Cruz Burelo*

Profesor de Tiempo Completo de la  
Universidad Popular de la Chontalpa  
<https://orcid.org/0000-0002-7820-2142>

*Gloria Ivette Bolio López*

Profesor de Tiempo Completo de la  
Universidad Popular de la Chontalpa  
<https://orcid.org/0000-0002-0894-2583>

*Miguel Ángel Velázquez Carmona*

Profesor de Tiempo Completo de la  
Universidad Popular de la Chontalpa  
<https://orcid.org/0000-0001-7683-0412>

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



**Resumen:** Las malezas son especies vegetales que el ser humano a designado dañinas para su interés, esta denominación ha sido severa para la planta, ya que no considera su valorización. Sin embargo, están constituidas principalmente por celulosa, la cual puede extraerse y utilizarse como materia prima para generar diversos compuestos. El pasto camalote (*Paspalum fasciculatum* Willd.) es una planta abundante en el sureste de México que está siendo desaprovechada, ya que se considera una maleza, por lo que se desecha como residuo de jardinería. En la presente investigación se implementó una metodología para el tratamiento y aprovechamiento del pasto camalote como materia prima en la síntesis de rayón. De esta forma es posible integrar el pasto camalote a la cadena de valor y disminuir el volumen de residuos encaminados a una mala disposición.

**Palabras clave:** Rayón, Celulosa, Pasto camalote, Residuos lignocelulósicos.

## INTRODUCCIÓN

Muchos países, incluido México, están decididos a lograr los Objetivos del Desarrollo Sostenible del 2030, para lo cual es importante una buena gestión integral de los residuos urbanos (GIRSU). México ha manejado con éxito la disposición final de residuos sólidos inorgánicos y se está trabajando en el tratamiento y valoración de residuos sólidos orgánicos para minimizar el impacto ambiental negativo que puede ocasionar una disposición final incorrecta. (SEMARNAT, 2017). Los residuos de jardinería son los menos aprovechados para su reutilización, tradicionalmente se ha erradicado con agroquímicos, pero su uso excesivo ha traído impactos ambientales negativos (Guzmán & Martínez, 2019). Otra forma de erradicación es la quema, sin embargo con frecuencia se sale de control y provoca incendios forestales destruyendo la biodiversidad (Colón, 2009).

De acuerdo al estudio realizado por Chacón & Glieman (1982) se detectaron 21 especies consideradas malezas en el estado de Tabasco, México, dentro de las cuales incluyeron al pasto camalote (*Paspalum fasciculatum* Willd.). Sin embargo, estos residuos están constituidos principalmente por celulosa que puede ser aprovechada para generar nuevos compuestos de interés, además se dan en abundancia y son de bajo costo. El rayón está formado por fibras de celulosa regeneradas que se obtienen a partir de fuentes maderables (Kauffman, 1993). Existen otras fuentes para obtener celulosa regenerada que no son maderable como el bambú (Batalha, 2012), las borras de algodón (JinHui, 2015) y el cáñamo (Huawei & Xiuzhen, 2015). Uno de los métodos para producir rayón es el proceso del cuproamónio, donde la celulosa se disuelve en una disolución amoniacal de hidróxido cúprico conocido como reactivo Schweitzer (Fig. 1). El complejo cobre-amoniaco-celulosa se descompone, precipitando la celulosa en forma de hilatura o filamentos. Estos filamentos reciben el nombre de rayón cuproamoniaco (Geissman, 1973; Calvo-Flores, 2013).

Otro método para la obtención de rayón es a partir de la modificación de la celulosa con NaOH y CS<sub>2</sub>, de la cual se obtiene una disolución de celulosa-xantato **sódico**, llamado rayón viscosa (Fig. 2) (Breña et al., 2011).

En este sentido, el objetivo de la investigación es utilizar los residuos lignocelulósicos del pasto camalote (*Paspalum fasciculatum*) para extraer la celulosa y transformarla en fibras de rayón cuproamoniaco y rayón viscosa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### EXTRACCIÓN DE CELULOSA

*Pretratamiento:* A 220 g de pasto camalote previamente seco se le agregó NaOH al 10% y se calentó hasta ebullición por 25 min con agitación constante. Después se dejó reposar

hasta temperatura ambiente y se lavó hasta un pH de 7, se desmenuzó y se dejó secar por 24 h.

*Hidrólisis ácida:* la fibra desmenuzada se colocó sobre una solución de  $H_2SO_4$  al 0.4% y se calentó hasta ebullición por 10 min con movimiento constante. Se dejó reposar por 1 h y después se lavó hasta pH de 7.

*Blanqueo con NaClO:* Después de la hidrólisis a la fibra se le agregó una solución de NaClO comercial hasta cubrirlo. Se calentó hasta ebullición por 1 h con agitación constante. Se dejó reposar hasta temperatura ambiente y posteriormente se lavó hasta que el agua de lavado salió incolora. Se extendió y se secó.

### SÍNTESIS DE RAYÓN CUPRAAMONIAL

5 g de  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$  se disolvieron en 50 mL de  $NH_3 \cdot H_2O$ , la mezcla se agitó hasta que se tornara azul profundo, lo cual indicó que se ha formado el complejo  $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ . Sobre esta solución se agregó 1 g celulosa desmenuzada y se agitó hasta que la solución adquiriera una consistencia de un gel bajo condiciones inertes. La solución viscosa se tomó con una jeringa y se vertió sobre una solución de  $H_2SO_4$  1M, para formar las fibras.

### SÍNTESIS DE RAYÓN VISCOSA

2 g de celulosa se agregaron a una solución de NaOH al 20% bajo una agitación de 250 rpm por 24 h. Después la celulosa se lavó hasta retirar el exceso de NaOH. Posteriormente, la celulosa se hizo reaccionar con 20 ml de solución de  $CS_2$  a 140 rpm con atmósfera inerte hasta que la solución se tornara amarilla. A esta solución se le agregó NaOH al 10% y se mantuvo en agitación por 24 h a 250 rpm. La solución adquirió una consistencia viscosa de color naranja, se vertió en cajas Petri y se dejó secar a temperatura ambiente.

### DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Se determinó utilizando un equipo Siemens D 5000 Difractometer, espectro de CuK $\alpha$  ( $\lambda=1.5418 \text{ \AA}$  y de energía 8.047 keV). El porcentaje de cristalinidad ( $X_c\%$ ) fue calculada por el método desarrollado por Segal et al. (1959).

### ESPECTROSCOPIA INFRARROJO

La película de rayón de viscosa se analizó en un espectrofotómetro FTIR iS5 Nicolet Thermo Scientific, ATR con cristal de ZeSe, en modo transmitancia con una resolución de 4 y 64 scans.

### RESULTADOS

Con el método de extracción empleado (López-Martínez, et al., 2016) se obtuvo 30% de material celulósico, calculado a partir de la masa inicial del pasto. En la Figura 3 se muestra el análisis por rayos X de la celulosa, los picos observados a  $2\theta = 15^\circ, 22.3^\circ$  y  $35^\circ$  son característicos para la estructura de la celulosa Tipo I (Visakh y Thomas, 2010). Con los datos observados en el difractograma se calculó la cristalinidad de la celulosa la cual tuvo un valor de 67.23%.

En la Figura 4 se muestra el mecanismo propuesto para la modificación de la celulosa con el reactivo de Schweizer. El complejo de celulosa-Cu(II) formado, tiene una consistencia viscosa y de color azul (Fig. 5). Una vez que el complejo se va agregando sobre una solución de  $H_2SO_4$  1M se precipita en forma de fibras y después de un tiempo el ácido reacciona y las fibras se tornan incoloras (Fig. 5).

En la figura 6 se muestra el proceso de transformación de la celulosa del camalote para obtener una película de rayón viscosa, la cual presentó una consistencia plástica. La película fue analizada en un espectrofotómetro de infrarrojo para identificar la incorporación del  $CS_2$  dentro de la matriz polimérica de



Figura 1. Reactivo Schweitzer.

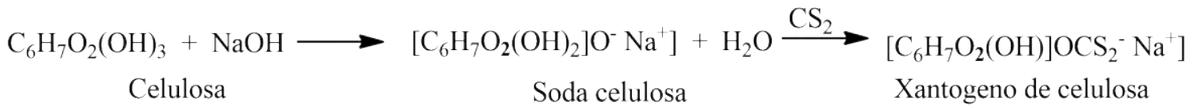


Figura 2. Síntesis de rayón viscosa

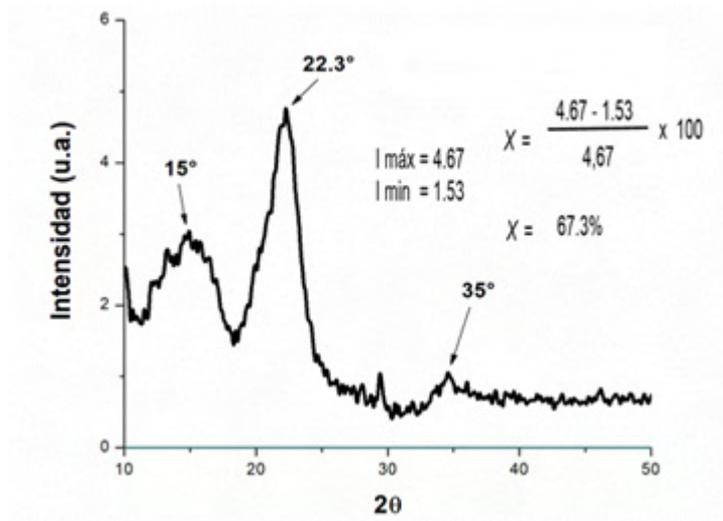


Figura 3. Difractograma de rayos X de la celulosa del Camalote.

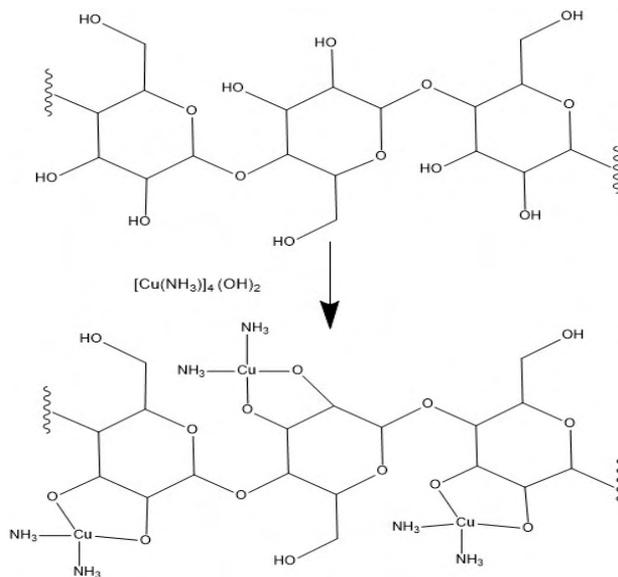


Figura 4. Mecanismo propuesto para la formación de rayón cupraammoniacal



Figura 5. Fibras de rayón cupraamoniacoal



Figura 6. Transformación de la celulosa a rayón viscosa

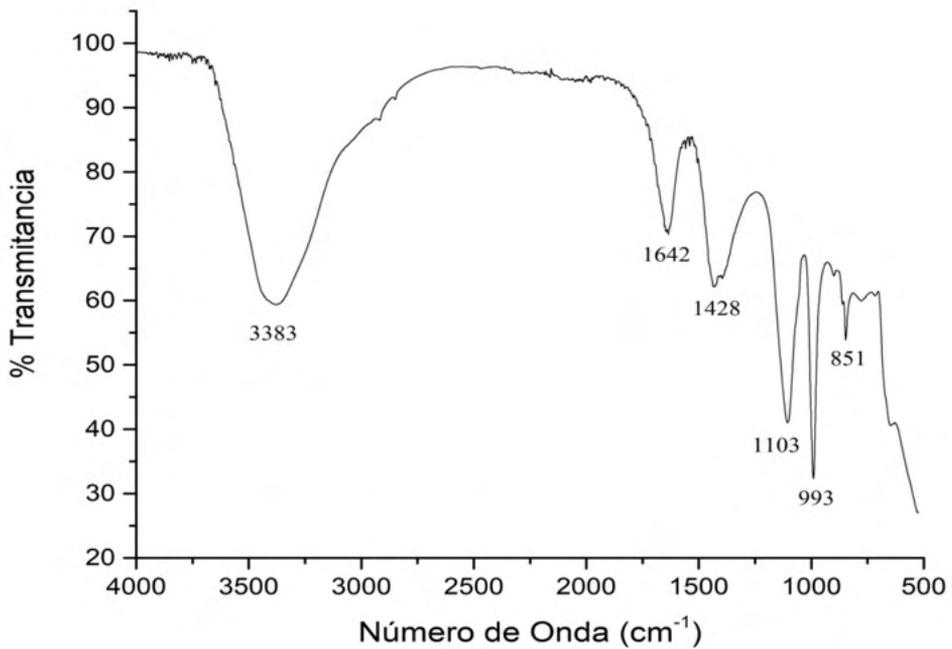


Figura 7. Espectro de IR de rayón viscosa.

la celulosa. En la figura 7 se muestra el espectro de infrarrojo, donde las bandas a 3383 son características de enlaces O-H de la celulosa. Las bandas a 1642, 1103 y 851  $\text{cm}^{-1}$  corresponden a los enlaces C=S, C-S-Na y S-Na, respectivamente. En el cuadro 1 se muestran los enlaces asociados a las bandas encontradas.

Enlace	Señal ( $\text{cm}^{-1}$ )
C = S	1650
C - S - Na	1040
S - Na	833
H - C - H Flexión	1450
O - H Estiramiento	3450
H - C - H Estiramiento	2990
C - H Estiramiento	2890
C - C	2450
O - H Flexión	1635
C - O - C Enlace glicosídico	990

Cuadro 1. Enlaces correspondientes a la estructura del rayón viscosa.

## CONCLUSIONES

Se logró la extracción de celulosa del pasto camalote con un rendimiento del 30% calculada a partir de la masa inicial del pasto. La celulosa extraída se transformó por los métodos propuestos en rayón cupraamoniacal y rayón viscosa, respectivamente. De esta forma se demuestra el valor potencial del pasto camalote como materia prima no maderable, económica y accesible, siendo una alternativa tanto para la reducción del uso de materias lignocelulósicas maderables tradicionalmente usadas para la obtención de rayón y otros derivados, como la disminución de residuos encaminados a una mala disposición final.

## REFERENCIAS

- Batalha L. A. R., Colodette J. L., Gomide J. L., Barbosa L. C. A., Maltha C. R. A., and Gomes, F. J. B. (2012). Dissolving pulp production from bamboo. *BioResources* 7(1), 640-651.
- Breña, J. L., Neira, E. F., & Viza, C. (2011). *Química Orgánica III*. Lima, Perú: Universitaria.
- Calvo-Flores, F. G., & Isac, J. (2013). Introducción a la química de los polímeros biodegradables: una experiencia para alumnos de segundo ciclo de la ESO y Bachillerato. *Real Sociedad Española de Química*, 109(1), 38-44.
- Chacón J. C. & Gliessman S. R. (1982). Use of "non-weed" concept in traditional tropical agroecosystems of south-eastern. *Agro-ecosystems*, 8, 1-11.
- Colon P., Benjamín, T., Piniero, M., Aguilar Stoen M. and Pezo Quevedo, D. (2009). Conocimiento local sobre la quema en sistemas silvopastoriles. *Revista Agroforestaría en las Américas*, 47, 27-35.
- Geissman, T.A. (1973) *Principios de Química Orgánica* (2da, ed). Barcelona Editorial Reverté, S. A.
- Guzman M. and Martínez-Ovalle M. J. (2019). Las malezas, plantas incomprendidas (weeds misunderstood plants). *Ciencia, Tecnología y Salud*, 6(1), 68-76.

Huawei Z, and Xiuzhen, Y. (2015). Preparation Method of Hemp Stalk Viscose Fiber and Application Thereof. <https://patents.google.com/patent/CN103114339B> (accessed 08 Jul 2022).

JinHui P, Miao W, QiaoHui Z, Xin T, Feng X, XueMing Z. and RunCang S. (2015). Comparison of Physical Properties of Regenerated Cellulose Films Fabricated with Different Cellulose Feedstocks in Ionic Liquid. *Carbohydrate Polymers*, 121, 71–78.

Kauffman, G. B. (1993). Rayon: The first Semi-Synthetic Fiber Product. *Journal of Chemical Education*, 70(11), 887-893.

López-Martínez, A., Bolio-López, G. I., Veleza, L., Solórzano-Valencia, M., Acosta-Tejeda, G., Hernández-Villegas, M. M., Salgado-García, S., y Córdova-Sánchez, S. (2016). Obtención de celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agroproductividad*, 9(7), 41– 45.

Segal, L., Creely, J.J. Martin, A.E. Conrad, C.M. (1959). An Empirical Method for Estimating the Degree of Crystallinity of Native Cellulose Using the X-Ray Diffractometer. *Textile Research Journal*, 29(10), 786-794.

SEMARNAT (2017). Clasificación, Reciclaje y Valorización de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Recuperado de <http://www.gob.mx/residuos-solidos>.

Visakh, P. M., y Thomas, S. (2010). Preparation of Bionanomaterials and their Polymer Nanocomposites from Waste and Biomass. *Waste and Biomass Valorization*, 1, 121-134.