

## DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TALLO DE ALGODÓN PARA LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DE INTERÉS INDUSTRIAL

---

*Ricardo Torres Ramos*

Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad  
Autónoma de Baja California  
Mexicali, Baja California, México

*Mary T. Beleño Cabarcas*

Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad  
Autónoma de Baja California  
Mexicali, Baja California, México

*Ariana Isabel Torres Bojórquez*

Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad  
Autónoma de Baja California  
Mexicali, Baja California, México

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:** La biomasa vegetal está compuesta esencialmente por celulosa, hemicelulosa, lignina, sustancias extraíbles y cenizas. Estos componentes pueden ser usados de forma independiente para obtener varios productos de interés industrial incluyendo biocombustibles. En el presente trabajo se determinó la composición química del tallo de algodón generado en el Valle de Mexicali durante el ciclo agrícola de 2018, con el fin de estimar el potencial de los posibles productos de interés industrial que se pueden derivar el uso independiente de los componentes de la biomasa vegetal. Los resultados indican que el tallo de algodón contiene 34.81% de celulosa y 17.46% de hemicelulosa. A partir del contenido de celulosa se estima un potencial para la producción de bioetanol equivalente a 12,792 m<sup>3</sup>. El porcentaje de lignina en el tallo de algodón fue 18.92% y presentó un poder calorífico superior de 24.06 MJ/kg, por lo tanto, el potencial energético para el año 2018 ascendió a 265 TJ, equivalente a 8,134 t de carbón antracita o 10,248 t de carbón lignito. El contenido de taninos condensable fue 3.76%, y las cenizas presentaron varios macro y micro nutrientes como el zinc, potasio y hierro con un porcentaje equivalente a 8.04%, 5.76% y 8.22%, respectivamente.

**Palabras claves:** Residuo vegetal, tallo de algodón, potencial energético, composición química.

## INTRODUCCIÓN

Los residuos agrícolas constituyen una fuente importante de biomasa vegetal, cuya disposición final no está bien definida y generalmente son quemados a cielo abierto, causando serios problemas ambientales en las localidades cercanas a los campos agrícolas. Los residuos vegetales derivados de la agricultura están compuestos principales por celulosa, hemicelulosa, lignina, extraíbles y cenizas. Estos componentes pueden ser

utilizados de forma independiente para la obtención de diferentes productos de interés industrial incluyendo los biocombustibles.

La celulosa es el principal componente de la biomasa, y está constituida por monómeros de glucosa que forman cadenas lineales poliméricas de peso molecular variable (Klass, 1998). El segundo componente es la hemicelulosa, constituida por monosacáridos, como: D-xilosa, L-arabinosa, D-manosa, D-glucosa, D-galactosa, D-xilulosa y por varios ácidos urónicos, como el ácido glucurónico y galacturónico. En la actualidad existe un interés especial por la utilización de la celulosa y hemicelulosa en la producción de bioetanol, mediante la fermentación de los monosacáridos de estos polímeros. El tercer componente es la lignina, un polímero aromático de estructura tridimensional, compleja, ramificada y amorfa, formada principalmente por tres unidades de fenilpropano: siringil-propano, guaiacil-propano y 4-hidroxifenilpropano. La importancia de la lignina radica en su alto valor energético, el cual puede ser aprovechado para la producción de energía térmica y/o eléctrica, a través de los diferentes sistemas de conversión como gasificación, co-combustión con carbón y pirólisis (Horst, Ramírez y Andrade, 2014).

El cuarto componente de la biomasa son los extraíbles, conformado por un grupo heterogéneo de sustancias como aldehídos, ceras, terpenos, oligómeros, azúcar, taninos, compuestos nitrogenados e hidrocarburos alifáticos y aromáticos. Entre estos compuestos, se destacan los taninos condensados, los cuales son polímeros aromáticos multihidroxilados que provienen de la esterificación de polifenólicos flavonoides como la catequinas o flavan-3-oles (García, Cadahía y Conde, 1997). Los taninos condensados constituyen más del 90% de la producción comercial de taninos en el mundo, ya que son químicamente

importantes en la preparación de adhesivos, resinas, tintas, medicamentos, cosméticos y para el curtido de pieles (Vázquez, Álvarez, López, Wall y de la Rosa, 2012; Silveira et al., 2011). El quinto componente son las cenizas, la cual representa la fracción mineral de la biomasa. Las cenizas contienen importantes macro y micro nutrientes esenciales para el desarrollo vegetativo de las plantas, que deben ser reincorporados para mantener en equilibrio de los suelos (Melissari, 2012).

En este trabajo se realizó un estudio de la composición química del tallo de algodón, para determinar el potencial de los diferentes productos de interés industrial que se puede obtener a partir del uso individual de los componentes que conforman la biomasa vegetal. Para estimar el potencial se considera el 50% de la cantidad del residuo tallo de algodón, generado en el ciclo agrícola 2018. El cual equivale a 62,156 t, tomando en cuenta que la superficie cultivada en este periodo fue 28,125 ha (SIAP, 2018) y el cultivo de algodón tiene un índice de generación de residuos equivalente a 4.42 t/ha (Gemtos y Tsiricoglou, 1999). Los productos de interés industrial considerados en esta investigación fueron bioetanol, lignina, taninos condensables y cenizas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se presentan los diferentes análisis realizados para la obtención de los productos de interés industrial. Las muestras de tallo de algodón fueron finamente molidas en un molino de cuchillas Grindomix GM 300 de la marca Retsch, y homogenizadas en un tamiz N° 35. Las muestras se secaron en un horno a 105 °C durante 4 h y se determinó el porcentaje de humedad de acuerdo con la ASTM E871-82.

### BIOETANOL

El potencial de bioetanol a partir del

tallo de algodón se determinó en varias etapas: primero, se determinó el porcentaje de celulosa y hemicelulosa en el residuo. Enseguida, a partir de las toneladas de residuos generadas en 2018, se estimó la cantidad de celulosa y hemicelulosa teóricamente disponible. Después, se estimó la cantidad de bioetanol usando los valores de eficiencia de conversión de celulosa a etanol, reportados en investigaciones previas (Wooley et al., 1999a; Wooley et al., 1999b; Aden et al., 2002) y presentadas en la Tabla 1.

Reacción de conversión	Eficiencia y factor de conversión	
	Mínimo	Máximo
Celulosa en glucosa	0.70	0.80
Glucosa en etanol	0.90	0.92

Tabla 1. Factores de conversión de biomasa vegetal en etanol.

### LIGNINA

La lignina presente en el material vegetal se aisló y cuantificó como el residuo insoluble en ácido sulfúrico, según la metodología propuesta en la norma ASTM D1106. Luego, se determinó el poder calorífico de la lignina aislada de acuerdo con el estándar ASTM 711. Posteriormente, se estimó el potencial energético respecto al ciclo agrícola 2018, multiplicando la cantidad de lignina teóricamente disponible por su poder calorífico.

### TANINOS CONDENSADOS

Para determinar la cantidad de taninos condensables, primero se realizó la extracción de sustancias solubles en agua caliente de acuerdo con el estándar TAPPI 207. Los extractos disueltos en el agua se recuperaron por pre-concentración en un evaporador rotatorio. Luego, los extractos pre-concentrados fueron secados completamente en una mufla a 45°C durante 6 h. El porcentaje

de taninos condensables en extractos secos de tallo de algodón se determinó mediante procedimiento conocido como número de Stiasny (Aguilar et al., 2012; Muñoz, Freer, Rodríguez y Baeza, 2004).

## CENIZAS

Las cenizas se obtuvieron mediante el procedimiento establecido en el estándar ASTM E830, el cual implica la combustión de la muestra a 550°C durante 4 h. Las cenizas fueron analizadas por dispersión de rayos x, con el fin de determinar elementos de interés para mantener la calidad de suelos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### BIOETANOL

El tallo de algodón estudiado presentó una humedad equivalente a 6.15%, lo cual indica que el 50% de la cantidad de material seco en 2018 fue aproximadamente 58,333 t. Por otra parte, el análisis de composición química indicó que el tallo de algodón contiene 34.81% de celulosa y 17.46% de hemicelulosa. Por lo tanto, se disponían de 20,305 t de celulosa y 10,185 t de hemicelulosa. Teniendo en cuenta la cantidad de celulosa teóricamente disponible y la eficiencia de conversión de celulosa a glucosa y de glucosa a etanol, se estima que el potencial de generación de bioetanol ascendió a 12,792 m<sup>3</sup>.

### POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA LIGNINA

El porcentaje de lignina en tallo de algodón es 18.92% y su poder calorífico superior es 24.06 MJ/kg. La cantidad de lignina en 2018 ascendió a 11,036 t y el potencial energético fue 265 TJ. Este potencial energético es similar al que se obtendría de la combustión de 8,134 t de carbón antracita o 10,248 t de carbón lignito.

## TANINOS CONDENSADOS

El porcentaje de sustancias extraíbles en agua caliente para el tallo de algodón fue 8.04% y el porcentaje de taninos condensables en los extractos fue 3.76%. Por lo tanto, en el ciclo agrícola del 2018, se disponían de 4,899 t de extraíbles y 184 t de taninos condensables.

## CENIZAS

La composición química de la ceniza de tallo de algodón se muestra en la Tabla 2. Se puede observar que el componente en mayor proporción en la fracción inorgánica de fue el calcio, seguido por el silicio. También se encuentran macro y micro nutrientes como el potasio, zinc, cobre, hierro y azufre.

Elementos	Porcentaje
Calcio (Ca)	55.381
Silicio (Si)	14.762
Hierro (Fe)	8.222
Zinc (Zn)	8.043
Potasio (K)	5.757
Azufre (S)	4.446
Cobre (Cu)	3.389

Tabla 2. Elementos encontrados en las cenizas de tallo de algodón.

## CONCLUSIONES

El tallo de algodón generado en los cultivos del Valle de Mexicali, está compuesta por 34.81% de celulosa, 17.46% hemicelulosa, 18.92% lignina, 8.04% extraíbles en agua caliente y 5.08% en cenizas. La disposición del 50% del tallo de algodón generado en 2018, proporciona un potencial de 12,792 m<sup>3</sup> de bioetanol, 11,036 t de lignina, 184 t de taninos condensables.

## REFERENCIAS

- Aden, A., Ruth, M., Ibsen, K., Jechura, J., Neeves, K., Sheehan, J., & Lukas, J. (2002). Lignocellulosic biomass to ethanol process design and economics utilizing co-current dilute acid prehydrolysis and enzymatic hydrolysis for corn stover (No. NREL/TP-510-32438). National renewable energy lab golden co.
- Aguilar-López, J., Jaén-Jiménez, J. C., Vargas-Abarca, A. S., Jiménez-Bonilla, P., Vega-Guzmán, I., Herrera-Núñez, J., ... & Soto-Fallas, R. M. (2012). Extracción y evaluación de taninos condensados a partir de la corteza de once especies maderables de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 25(4), ág-15.
- Horst, D. J., Behainne, J. J. R., de Andrade Júnior, P. P., & Kowaleski, J. L. (2014). An experimental comparison of lignin yield from the Klason and Willstatter extraction methods. *Energy for Sustainable Development*, 23, 78-84.
- Muñoz-Acosta, F., Freer-Calderón, J., Rodríguez-Gutiérrez, J., & Baeza-Hernández, J. (2004). Biotratamiento de taninos condensados con *Saccharomyces cerevisiae*. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(1), ág-22.
- García, M. C., Cadahía, E., & Conde, E. (1997). Fifth Brazilian Symposium on the Chemistry of Lignins and Other Wood Components. Curitiba, Brasil.
- Klass D.L. *Biomass for Renewable Energy, Fuels, and Chemicals Academic Press* (1998) pp. 30, 276–277, 233, 239.
- Melissari, B. (2012). Comportamiento de Cenizas y su Impacto en Sistemas de Combustión de Biomasa. *Memoria de trabajos de difusión científica y técnica*, 10, 69-82.
- SIAP. (2018). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción Agrícola. Resumen Nacional por Estado.
- Rocha, W. S., Lopes, R. M., Silva, D. B. D., Vieira, R. F., Silva, J. P. D., & Agostini-Costa, T. D. S. (2011). Total phenolics and condensed tannins in native fruits from brazilian savanna. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(4), 1215-1221.
- Gemtos, T. A., & Tsirocglou, T. (1999). Harvesting of cotton residue for energy production. *Biomass and Bioenergy*, 16(1), 51-59.
- Vázquez-Flores, A. A., Álvarez-Parrilla, E. M. I. L. I. O., López-Díaz, J. A., Wall-Medrano, A., & De la Rosa, L. A. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2), 84-93.
- Wooley, R., Ruth, M., Glassner, D., & Sheehan, J. (1999a). Process design and costing of bioethanol technology: a tool for determining the status and direction of research and development. *Biotechnology Progress*, 15(5), 794-803.
- Wooley, R., Ruth, M., Sheehan, J., Ibsen, K., Majdeski, H., & Galvez, A. (1999b). Lignocellulosic biomass to ethanol process design and economics utilizing co-current dilute acid prehydrolysis and enzymatic hydrolysis current and futuristic scenarios (No. NREL/TP-580-26157). National Renewable Energy Lab., Golden, CO (US).