

# Obtención de celulosa a partir de rastrojo y olote de Maíz, *Zea mays L*

Norma Alicia Macías Rodríguez<sup>1</sup>, Brenda Armenta Valenzuela<sup>1</sup>, Urfila Victoria Peláez Estrada<sup>2</sup>  
Gloria Alicia Norzagaray Cervantes<sup>1</sup>, Asuan Camargo Luque<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva

<sup>2</sup> Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Pinotepa

## Resumen

Conocemos en la actualidad que los procesos de elaboración de papel es comunmente a partir de arboles grandes, como algunos tipos de pinos, eucalipto entre otros. Sin embargo ha sido grande la deforestación. Tornando en consideración que nos encontramos en el estado con mayor número de hectáreas sembradas de maíz y a consecuencia la mayor cantidad de residuos; es relevante empezar a utilizar como subproducto los rastrojos y olote de maíz, no solo manejarlo para producto animal, si no bajo el estudio de enfocarnos en sus propiedades y aprovechar la cantidad de celulosa presente en sus tejidos.

El olote de maíz es un residuo agrícola del norte del estado de Sinaloa muy poco utilizado, que ha merecido nuestra atención por el contenido de celulosa. Que permitira aplicar una metodología que conlleve a la extracción de celulosa de dichos residuos para su posterior aplicación, ya sea en la elaboración de papel de calidad artesanal o fibras textiles a escala pequeña. En la región del municipio de Sinaloa de Leyva, beneficiará a dar impulso a la economía, a generar empleos y contribuir a disminuir efectos ambientales (emisión de CO<sub>2</sub>).

## Abstract

Nowadays, we know that production processes of paper are commonly from big trees, some like different Kind of pines and eucalyptus and other types. However, deforestation has been great. Considering we are in the state with more hectares planted with corn and as consequence the highest amount of waste; is important to start using as by product the corn stubble and cob, not only for animal products, also under the study and getting focus in their properties and to take advantage of the amount of cellulose present in their tissues.

The cob of corn is an agricultural waste little used from the North of the state of Sinaloa, it has deserved our attention for the cellulose content. It will allow to apply a methodology that entails the extraction of cellulose from these waste to their next application, it can be in the production of artisanal paper or small-scale textiles fibers. In the region of Sinaloa de Leyva county, it will benefit to improve economy, to make new jobs and contribute to reduce environmental effects (emission of CO<sub>2</sub>).

**Palabras Clave:** Olote de maíz, Maíz (*Zea mays L.*), Rastrojo, Celulosa.

**Keywords:** Corn Cob, Corn (*Zea mays L.*), Stubble, Cellulose.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los residuos de cosecha, llamados rastrojos, esquilmos, pajas, zacate, pastura, dazoí, basura, e tc., juegan un papel preponderante en los sistemas agrícolas y pecuarios, y han sido estudiados desde diferentes perspectivas temáticas y metodológicas a nivel mundial.

En México, el mayor volumen de rastrojos se obtiene de los cereales y está asociado directamente con la producción de granos Sánchez et al., (2012); SIAP, (2011) por lo que, conforme aumenta la cantidad de granos producida para satisfacer la demanda alimenticia de la población, aumenta la disponibilidad de estos residuos Macedo, (2000).

Tornando a consideración que nos encontramos en el estado de Sinaloa con mayor número de hectáreas sembradas de maíz y a consecuencia la mayor cantidad de residuos, es relevante, empezar a utilizar como un subproducto los rastrojos y olote de maíz, no solo manejarlo para producto animal, si no bajo el estudio enfocarnos en sus propiedades y aprovechar la cantidad de celulosa presente en sus tejidos.

Aplicar metodología que conlleve a la extracción de celulosa de dichos residuos para su posterior aplicación, ya sea en la elaboración de papel o fibras textiles.

## 2. GENERALIDADES

Para estimar el volumen de la producción de esquilmos agrícolas a nivel nacional se consideró el rendimiento por hectárea de residuos de cosecha. Tornando en consideración que el rendimiento de esquilmos depende de diversos factores, se calculó un promedio ponderado utilizando datos de diversas fuentes sobre proporción de esquilmos bajo diferentes criterios, como: modalidad hídrica, variedades, fertilización y tipo de labranza. La proporción ponderada de rendimiento de rastrojo/grano para maíz, se determinó teniendo en cuenta el criterio que del total de la producción obtenida en una hectárea, 46.6% es grano y 53.4% rastrojo (Macedo, 2000; Zetina et al., (2005); Luna, (2010) y Muñoz, (2011).

Según SAGARPA en Sinaloa para el ciclo primavera verano 2020, se sembraron 97056 hectáreas (SIAP). Se estima que por cada kilogramo de grano producido se obtiene 1 kg de residuo; Muñoz, (2011) y Macedo, (2000).

Existen estudios relacionados con los "esquilmos de cosecha" y sus formas de uso en la alimentación animal (Fuentes et al., (2001); Macedo, (2000) Ferreiro, (1990). En esas investigaciones se destaca, por una parte, la importancia de la contribución de los rastrojos en la alimentación animal, y por otra, se reconoce su pobre aportación nutricional para el ganado; este último tema ha dado lugar a investigaciones sobre métodos que permitan mejorar la aportación nutricional y digestibilidad de los rastrojos (Sánchez et al., 2012; Yescas et al., (2004); Fuentes et al., (2001) y facilitar su uso como insumo en la alimentación ganadera. Desde la perspectiva pecuaria, están las investigaciones que evalúan a los esquilmos agrícolas en términos nutricionales, de digestibilidad, eficiencia y desempeño Coleman y Moore, (2003).

La cantidad anual de esquilmos oscila alrededor de 45 millones de toneladas de materia seca para los diez principales cultivos (maíz, sorgo, trigo, frijol, arroz, cebada, soya, algodón, cártamo y ajonjolí); el rastrojo y olote de maíz (25'500,000 toneladas), las pajas de sorgo (6'600,000 toneladas) y de trigo (4'500,000 toneladas) representan poco más del 81% de los residuos de cultivos. Estos materiales son muy importantes para alimentar al ganado en las épocas en que escasean los alimentos tradicionales, situaciones que se presentan cada año durante el invierno y los períodos de sequía. El cultivo de maíz destaca por ocupar la mayor superficie en México; de él se obtiene el rastrojo, cuyo rendimiento oscila entre tres y cinco toneladas por hectárea. Los rendimientos más elevados se han observado en suelos profundos donde el maíz ha recibido una abundante fertilización nitrogenada. (SAGARPA, Plan de manejo de residuos; 2015). La tabla 1; muestra la producción estatal de residuos agrícolas de cuatro cultivos, periodo 2008-2011.

**Tabla 1.** Producción estatal de residuos agrícolas (toneladas) de los cultivos de maíz, sorgo, trigo, cebada periodo 2008-2011

Estado	Residuos agrícolas				Total
	Maíz	Sorgo	Trigo	Cebada	
Sinaloa	5,506,425	898,431	73,375	0	6,478,230
Guanajuato	1,333,711	1,555,964	666,458	274,163	3,830,305
Jalisco	3,422,667	166,308	172,962	6,040	3,767.98
Tamaulipas	590,940	2,806,596	224	188	3,397,948
Michoacán	1,674.07	562,082	187,850	13,506	2,437,503
Sonora	177,422	57,887	2,053,587	7	2,288,903
Chiapas	1,700,023	3,574	166	0	1,753,763
Estado de México	1,589,755	1,748	31,981	30,815	1,654,299

### Olote

El olote de maíz es un subproducto agrícola que se genera en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca, el cual ha sido esparcido a la intemperie y/o quemado por los agricultores, generando un problema de contaminación ambiental. La más común es la práctica tradicional de la quema agrícola a cielo abierto para eliminar los residuos del maíz, con la intención de evitar costos y subsistir. Este subproducto de origen agrícola generado en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca, se estima que por cada tonelada de maíz se obtienen 170 kg de olote CIMMYT, (1995).

A través de una degradación hidrotérmica el olote presenta 45-50% de celulosa en su estructura, cifra que también afirma la investigación de Córdova, (2013). La investigación abre una puerta para que los residuos participen de un proceso industrial que le dote un valor agregado que cubra una necesidad social y sea amigable con el ambiente.

### Celulosa

La celulosa es un carbohidrato presente en la pared celular de los vegetales. De todos los compuestos naturales del carbono, la celulosa es el más abundante. Las plantas que completan el proceso de fotosíntesis sintetizan billones de kilogramos de celulosa al año, haciendo de este compuesto una reserva de energía renovable que abunda en la naturaleza. La celulosa se encuentra en el pericarpio y en el germen junto con las hemicelulosas y la lignina de ciertos alimentos tales como el arroz, el maíz y el trigo Castillo, (2005).

Por su alta resistencia a la tensión, su insolubilidad en agua y su presencia en la naturaleza en forma de fibra, no sorprende que sea el principal componente en la fabricación del papel y otros productos derivados.

En la actualidad las aplicaciones y el uso de la celulosa esta ampliamente comercializado; en muchos objetos de uso cotidiano en la industria como la polvora, barnices, lacas, fibras textiles, seda artificial, rayon y papel, celofan y varios tipos de plasticos. Su aplicación lo vemos en muchos objetos del uso cotidiano en la industria como en la pólvora, barnices, el papel, seda artificial, etc.

Estudio realizado por González *et al.* (2016), revela que el vástago del plátano, la cáscara del tomate, cáscara de mango, tallos de rosa, clavel, maíz, y corteza de la yuca contienen en su estructura un alto contenido de

celulosa, lo cual los convierte en materia prima ideal para la producción de papel, reemplazando la madera y mejorando la disposición final de los residuos originados en la manipulación de plantas y vegetales. A este análisis se suma la investigación abordada por Moya et al. (1992), manifiestan que el olote de maíz posee  $59,2 \pm 0,2\%$  de alfa celulosa y  $17,9 \pm 0,1\%$  de lignina.

Datos de Fuentes et al, 2001 señala que el contenido nutricional de rastrojo de maíz tratado con amoníaco anhidro ( $\text{NH}_3$ ) muestra que la materia seca disminuyó a medida que se incrementó el tamaño de partícula para el rastrojo tratado con  $\text{NH}_3$ : 78,38; 76,30 y 73,40% para el rastrojo molido, picado y entero, respectivamente. La materia seca del rastrojo sin tratar fue de 95,80%.

### 3. METODOLOGIA

El presente estudio se llevó a cabo para la participación al Evento Nacional de Innovación Tecnológica 2015 y se sometió en la convocatoria 2017 de proyectos de investigación científica siendo aprobado sin apoyo económico (CI-02/2016)-M00-PR03-R02.

La metodología utilizada para la extracción de celulosa de rastrojo y olote de maíz (*Zea mays*, L.) se siguió la propuesta de Fuentes et al., (2001), con algunas modificaciones.

La investigación experimental se desarrolló en los laboratorios del Tecnológico Nacional de México campus Sinaloa de Leyva, ubicado en el municipio de Sinaloa, Sin.

Se obtuvo celulosa a partir de dos procedimientos diferentes.

El primero de ellos consiste en un procedimiento 100 % libre de cloro.

El segundo procedimiento se basa en la utilización de cloro como agente de blanqueado, un tipo de tratamiento comúnmente utilizado en la industria papelera.

#### Procedimiento I:

Preacondicionamiento de las fibras (lavado, corte, remoción de ceras).

Tratamiento alcalino con solución de NaOH (0.1 M - 45 °C - 3 h).

Tratamientos sucesivos con  $\text{H}_2\text{O}_2$  (0.5 %, 1 %, 2 %, 3 % v/v - 45 °C - 15 h - pH=11,5)

Tratamiento alcalino con solución NaOH 10 % p/v - Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1 % p/v (28 °C - 15 h).

Tratamiento ácido con solución de  $\text{CH}_3(\text{COOH})$  80 % v/v +  $\text{HNO}_3$  70% v/v (Relación 10:1 - 120 °C - 15 min.).

#### Procedimiento II:

Preacondicionamiento de las fibras (lavado, corte, remoción de ceras).

Tratamiento con solución de  $\text{NaClO}_2$  (0.7 % p/v 2 h - pH=4)

Tratamiento con solución de  $\text{NaHSO}_4$  (5% p/v)

Tratamiento con solución de  $\text{NOH}$  (17.5 p/v. %)

El experimento inició con la recolección de la materia prima por medio de centros de acopio instalados en lugares cercanos al Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva, para iniciar con la extracción de celulosa; siguiendo el proceso de la figura 1.

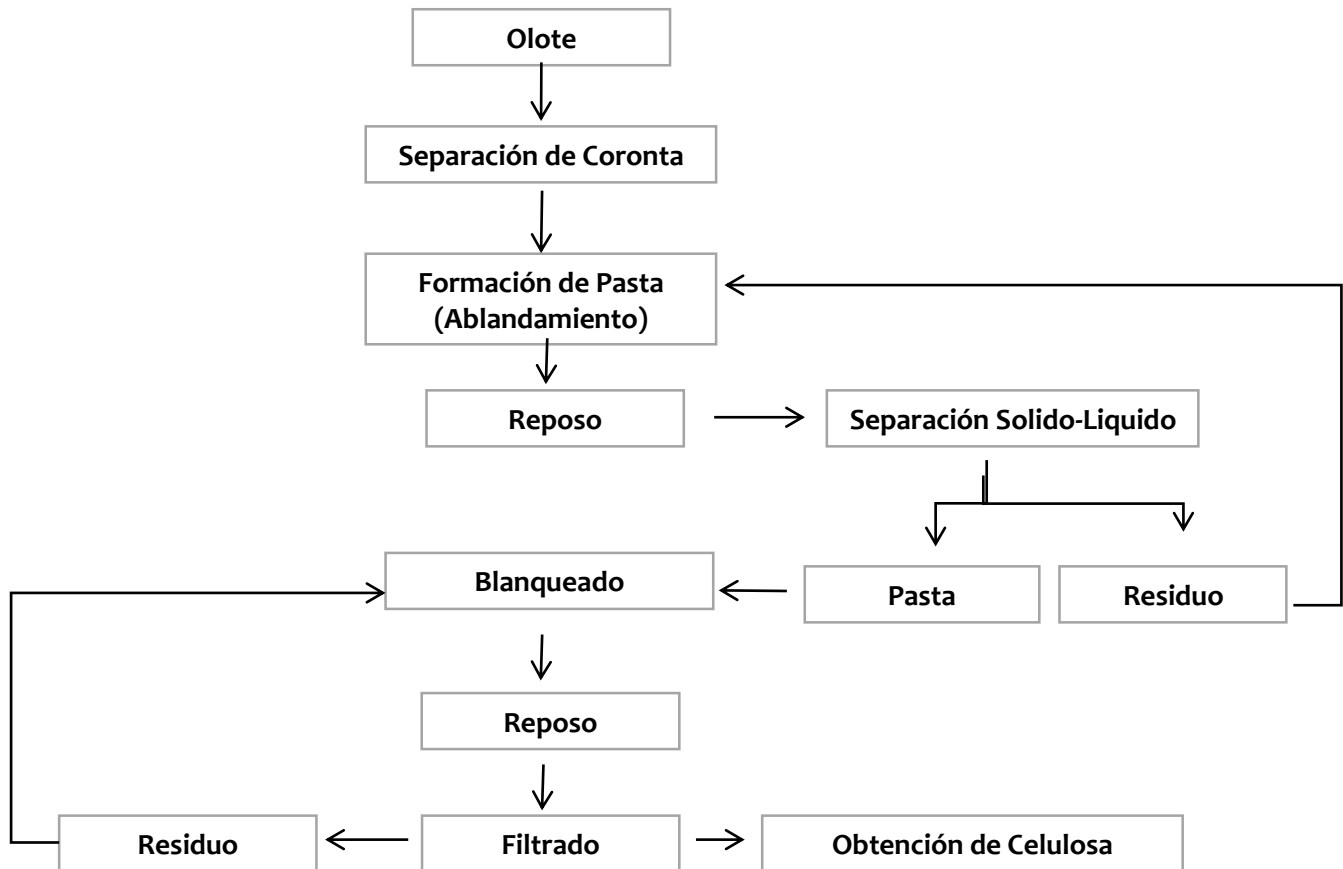


Figura 1: Diagrama del proceso de extracción de celulosa

#### 4. OBTENCION DE CELULOSA

##### Pre acondicionamiento y tratamiento de la materia prima.

La materia prima se lava perfectamente con agua corriente, concluyendo con agua purificada y destilada, se corta en fragmentos apropiados para su manejo. Para la obtención de celulosa, se inicia a partir de la molienda: es la operación básica mecánica que consiste reducir el tamaño de una sustancia normalmente sólida hasta convertirla en polvo mediante trituración o el machaqueo sin alterar su naturaleza. Para llevar a cabo la molienda se empleó un molino manual, de acuerdo a la necesidad y pruebas diferentes se obtuvo la muestra hasta alcanzar la porción de sustancias sólidas y para obtener porciones pequeñas de materia prima se utilizó mortero con su mazo correspondiente. De acuerdo a lo descrito por (Fuentes et al., 2001). Se procede con los tratamientos propuestos en la metodología.

Una vez terminado el proceso de macerado, se procede a una trituración fina (figura 2); para recuperar la mayor cantidad de mezcla a dejar en reposo.



**Figura 2.** Proceso de Reposo de la mezcla

Como paso siguiente se procede a realizar el filtrado de la mezcla (figura 3), para la obtención de la mayor proporción de soluto, parte de nuestro interés.



**Figura 3.** Filtrado de la mezcla

El producto obtenido del filtrado, es la celulosa de manera natural (figura 4).



**Figura 4.** Obtención de celulosa.

Continuando con el blanqueado de la pasta de celulosa (figura 5)



**Figura 5.** Blanqueado de pasta de celulosa

Para concluir se manipula la pasta, extendiéndola por prensado y se deja en reposo por 24 hrs para su secado (figura 6).



Figura 6. Prensado y secado de celulosa.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La adquisición del olote de maíz representaría un bajo costo económico por la abundancia en los sectores agrícolas y la facilidad de su localización. El aporte de un valor agregado a un desecho orgánico resulta una opción positiva, ya que de esta manera se realiza un reciclaje que beneficia al medio ambiente y a la población.

La metodología utilizada fue adecuada para la obtención de celulosa, con los resultados mostrados; se pudo obtener el producto esperado con las características idóneas para su manipulación; como fue la de obtener celulosa y con las características de papel; además de nuevas hipótesis para mejorar el proceso de obtención de este material que se podrían desarrollar a futuro.

El método modificado indica que tiene resultados buenos en cuestión de la obtención de celulosa a partir de olote de maíz, aplicando los dos procedimientos diferentes: un procedimiento 100 % libre de cloro; y un segundo procedimiento se basó en la utilización de cloro como agente de blanqueado, un tipo de tratamiento comúnmente utilizado en la industria papelera.

Se puede concluir que el método, es recomendable para aquellas instituciones que carecen de equipos de laboratorios avanzados y que requieran pequeñas cantidades de celulosa y que pueda ser manipulada y utilizada como papel artesanal en trabajos manuales.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Castillo, Francisco. 2005. *Biotecnología ambiental*. Editorial Tebar, pp. 185-190.
- [2] CIMMYT, 1995 *Manejo de los ensayos e informes de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz*, México DF, ISBN: 970-648-045-5, pp. 20
- [3] Coleman, S.V. y Moore, J. E. 2003. Feed quality and animal performance en línea. En: F. Crop.Res 84 (1). 17-29.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429003001382>.
- [4] Cordova, Jhon Alexander, 2013. Caracterización y valoración química del olote: degradación hidrotérmica bajo condiciones



- subcríticas. *Revista latinoamericana de química*, vol. 41, no 3, pp. 171-184.
- [5] Ferreiro, H. M. 1990. Utilización de subproductos agrícolas en la alimentación animal. Morelia, Michoacán.
- [6] Fuentes, J, Magaña, C., Suárez, L, Peña, R., Rodríguez, S. y Ortiz de la Rosa, B. 2001. Análisis químico y digestibilidad "in vitro" de rastrojo de maíz (*Zea mays* L.). *Agronomía Mesoamericana*, 12, 189-192.
- [7] Luna, M. 2010. Rendimiento de maíz en un año lluvioso y uno seco. *Investigación Científica*, 6, 1-13.
- [8] Macedo, R. J. 2000. Análisis del sistema de alimentación pecuario rastrojo de maíz alimenticio pecuario (*Zea mays* L.) pasto estrella (*Cynodon plectostachyus* P.) en la zona norte del estado de Colima. en línea. Universidad de Colima: tesis doctoral.
- [9] Muñoz, F. 2011. Producción, valor nutricional y aprovechamiento del rastrojo de maíces nativos en la región de Libres-Serdár, Puebla, México. en línea. Colegio de Postgraduados. tesis de maestría
- [10] Quintero Nuñez, Margarito; Moncada Aguilar, Andres. 2008. Contaminación y control De las quemadas agrícolas en Imperial, California y Mexicali, Baja California. *Region y sociedad*. Vol 20, no. 43, pp 3-24.
- [11] Sánchez, A. E.; Ortega, C. M. E.; Mendoza, M. G.; Montañez, V. O.; y Buntinx, D. S. E. 2012. Rastrojo de maíz tratado con urea y metionina. *Interciencia* 37(5), 395-339.
- [12] Yescas, Y. R.; Bárcena, G. R.; Mendoza, M. G.; González, M.S. S. y Cabos, P.M. 2004. Digestibilidad in situ de dietas de rastrojo de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. *Agrociencia*, 38(1), 23-31
- [13] Zetina, R., Trinidad, A., Oropeza, J. L., Volke, V. y Landois, L. L. 2005. Relación bases intercambiables- rendimiento de maíz en un cambisol dístico con labranza, enclado y abono verde. *Terra Latinoamericana*, 23, 389-397.

Correo de autor: [norma.mr@sleyva.tecnm.mx](mailto:norma.mr@sleyva.tecnm.mx), [namrmx@hotmail.com](mailto:namrmx@hotmail.com)