

## Obtención de películas de bioplástico a partir de higuera

---

Alondra Gallegos-Carrillo<sup>1</sup>

Julián López-Tinoco<sup>2,5</sup>

Andrés Alejandro Damian-Reyna<sup>3</sup>

Francisco Augusto Núñez-Pérez<sup>1</sup>

Federico Núñez-Piña<sup>4</sup>

José Manuel Zapien Rodríguez<sup>5</sup>

1 Academia de Ingeniería en Tecnología Ambiental-Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas. Carretera La Orilla-La Mira km 156, Lázaro Cárdenas, Michoacán, México. CP. 60998. (agallegos@uplc.edu.mx).

2 Facultad de Ingeniería Química-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. (julian.lopez@umich.mx).

3 División de Ingeniería en Industrias Alimentarias-Instituto Tecnológico Superior de Puruándiro. Puruándiro, Michoacán, México. CP. 58532. (andres.damian@itspuruandiro.edu.mx).

4 Academia de Ingeniería en Logística y Transporte-Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas. (fnunez@uplc.edu.mx).

5 Academia de Ingeniería en Mecatrónica-Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas. (zapien-jomazaro@uplc.edu.mx).

Autor para correspondencia: julian.lopez@umich.mx.

---

### Resumen

El uso excesivo de plásticos elaborados con base de petróleo crea un grave problema de contaminación ambiental, por tal motivo, en el presente trabajo se propone la elaboración de películas de bioplástico a base de celulosa extraída de hojas y tallos de *Ricinus communis* L. (higuera). El proyecto se llevó a cabo en el año 2022 en el estado de Michoacán, México. El bioplástico se obtuvo en dos etapas, primero se lleva a cabo la extracción de celulosa mediante un tratamiento alcalino a 80 °C, posteriormente, la celulosa obtenida se mezcla con agua, glicerina y ácido acético para la formación de la película de bioplástico mediante el método de casting. Con el procedimiento anterior se obtuvieron películas uniformes con un espesor de 0.12 mm. En cuanto a la resistencia a la tracción se encontró un valor máximo de 7.1 MPa, al incrementar la cantidad de glicerina, aumenta la resistencia a la tensión. Mediante el análisis de microscopía electrónica de barrido, se observó que las películas del bioplástico con un 5% de glicerina exhiben texturas más uniformes y homogéneas. La higuera se puede aprovechar no solo para la obtención de aceite sino también para obtener plásticos de fuentes alternas al petróleo, lo que se favorecería su cultivo en Michoacán.

### Palabras clave:

*Ricinus communis* L., casting, celulosa, resistencia a la tracción.

---

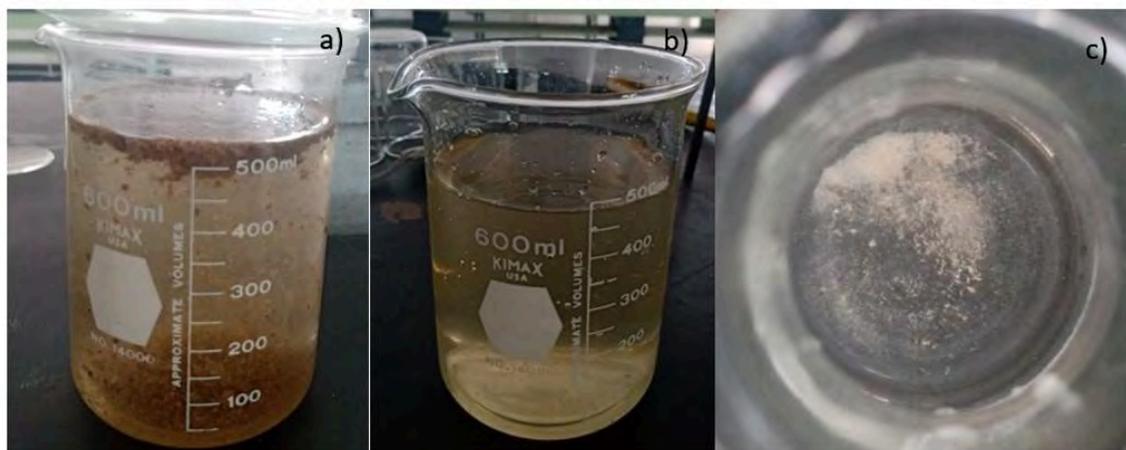
La Higuierilla (*Ricinus communis* L.) es una especie perteneciente a la familia *Euphorbiaceae* y cuya planta es de importancia económica por su contenido de aceite, el cual se utiliza principalmente en los sectores agrícolas, industriales y farmacéuticos (Yeboah *et al.*, 2021; Shekade *et al.*, 2023). De acuerdo con estudios realizados por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, se indica que esta planta es originaria de África (Landoni *et al.*, 2023). Actualmente a nivel mundial existen 1.1 millones de hectáreas de higuierilla, siendo India, China, Brasil y Paraguay los principales productores; Chile, México, Perú, Colombia y Ecuador presentan suelos aptos para el cultivo de la planta (Valencia *et al.*, 2019).

Para México de 2018 a 2020, en promedio se cosecharon 635 hectáreas de higuierilla y se obtuvo una producción de 4 361 t (INIFAP, 2022), sin embargo, existe un mayor potencial de producción para su cultivo en México. Una aplicación diferente a la extracción del aceite de las semillas es una alternativa para fomentar su cultivo. Debido a su composición (45% de celulosa, 30% de hemicelulosa y 12% de cenizas (Vinayaka *et al.*, 2017) la higuierilla es una planta que se puede utilizar para la obtención de películas de bioplástico.

Mediante este proyecto se desarrolló un bioplástico a partir del tallo y las hojas de la higuierilla, lo cual no solo fomenta el cultivo de la planta sino también puede representar una disminución en el uso de plásticos obtenidos de fuentes de petróleo, cuyos desperdicios generan contaminación al ambiente. Se utilizó higuierilla cultivada en la región de Lázaro Cárdenas, Michoacán en México como materia prima.

Para la obtención de celulosa primero se lleva a cabo el lavado y secado de las hojas y el tallo, para posteriormente triturar ambos tejidos. Se realizó un proceso alcalino para la obtención de la celulosa (Figura 1a), en el cual se colocan 100 g las hojas trituradas en un vaso de precipitado y se adicionan 500 ml de NaOH 8% m/v (J. T Baker) manteniendo una temperatura constante de 80 °C durante 30 min (Escoto *et al.*, 2015; Pinos y Braulio, 2019). Una vez obtenida la celulosa se filtra dejando pasar únicamente el líquido, mientras que la fibra (bagazo) se desecha (Figura 1b). La celulosa queda precipitada en el fondo del recipiente parecido a un polvo fino como se observa en la Figura 1c.

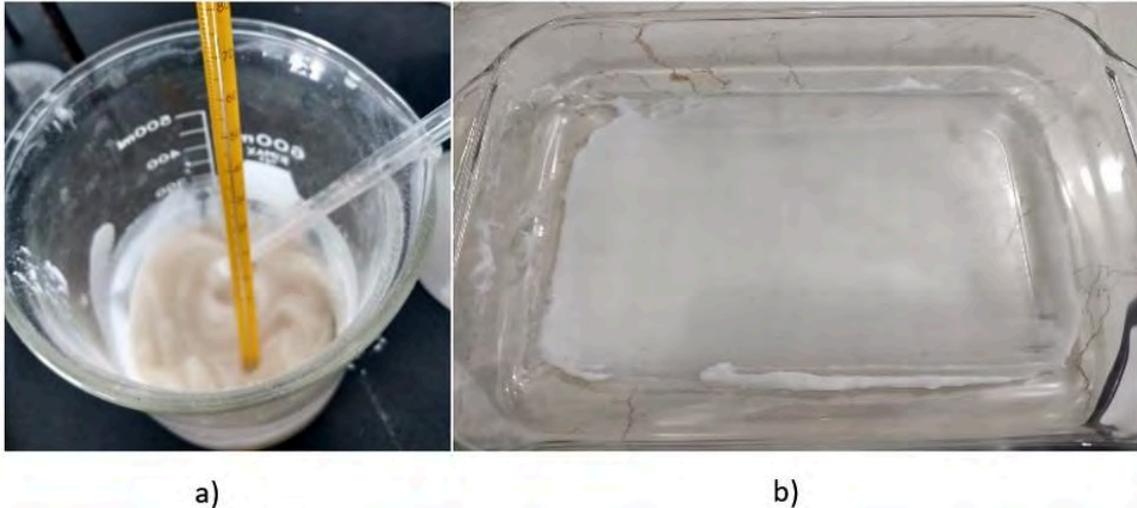
Figura 1. Proceso de obtención de la celulosa mediante el proceso alcalino. a) extracción de la celulosa; b) filtración; y c) celulosa filtrada y secada.



Mediante el procedimiento descrito se obtuvo un rendimiento de 8.5% (base en peso seco de las hojas y tallos) de celulosa, este rendimiento es bajo, en comparación con otras fuentes como el plátano (Chopra *et al.*, 2023) o la caña (López-Martínez *et al.*, 2016): sin embargo, es posible mejorarse al variar las condiciones de extracción. Una vez extraída la celulosa, se adicionan glicerina ( $\geq 99.5\%$ , Sigma-Aldrich) y ácido acético ( $\geq 99\%$ , Sigma-Aldrich) para formar el bioplástico.

Se realizó un diseño factorial  $3^2$  donde se hizo variar la cantidad de glicerina (factor 1) y la cantidad de ácido acético (factor 2) en tres niveles (5%, 10% y 15%) para determinar el efecto que tienen la glicerina o el ácido acético en la morfología y en la resistencia a la tracción de las películas producidas. El ácido acético estabiliza la estructura de la película de bioplástico y la glicerina actúa como plastificante. Para la preparación de la película se utilizó el método de casting, se deja en reposo por un tiempo de 48 h a temperatura ambiente hasta lograr despegar la película (Jerez et al., 2007; Saiful et al., 2019). En la Figura 2 a-b se observó el bioplástico y la película formada.

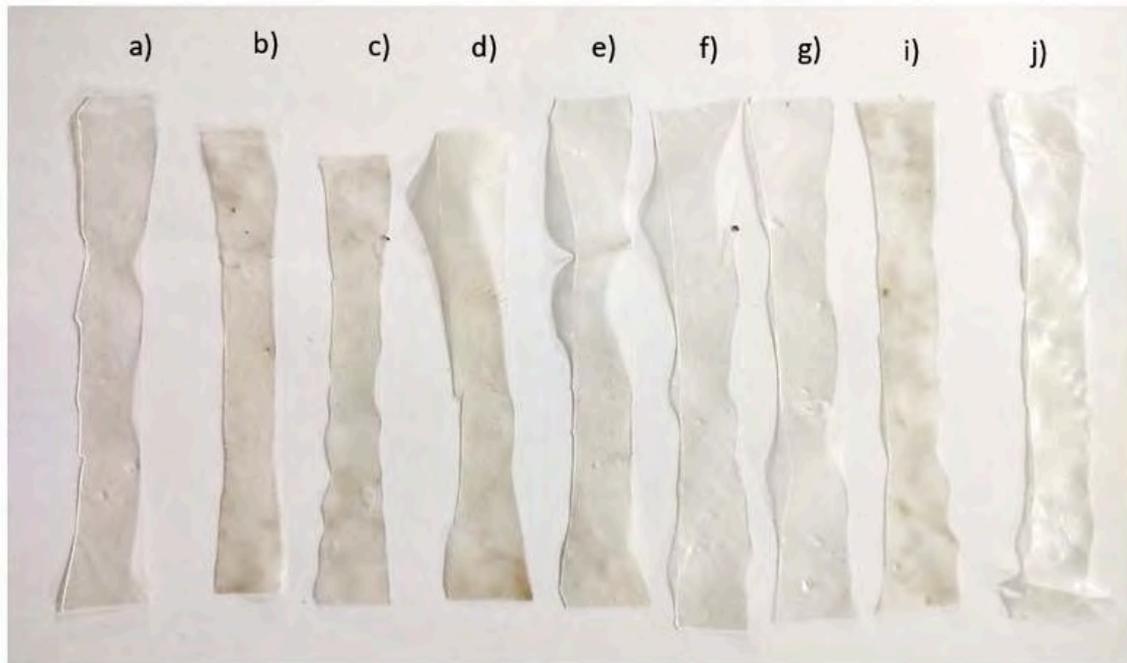
**Figura 2. Bioplástico formado por el método casting. a) bioplástico antes de ser vertido; y b) película de bioplástico.**



Las micrografías se obtuvieron mediante el uso de un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo Jeol JSM 7600F a 1000X. En la Figura 3 a-j, se percibieron probetas de las películas formadas del bioplástico, se obtuvieron nueve muestras (con sus respectivas réplicas).



Figura 3. Imagen de las probetas de películas del bioplástico obtenidas de la celulosa de planta *Ricinus communis* L. variando la concentración de ácido acético y de glicerina.

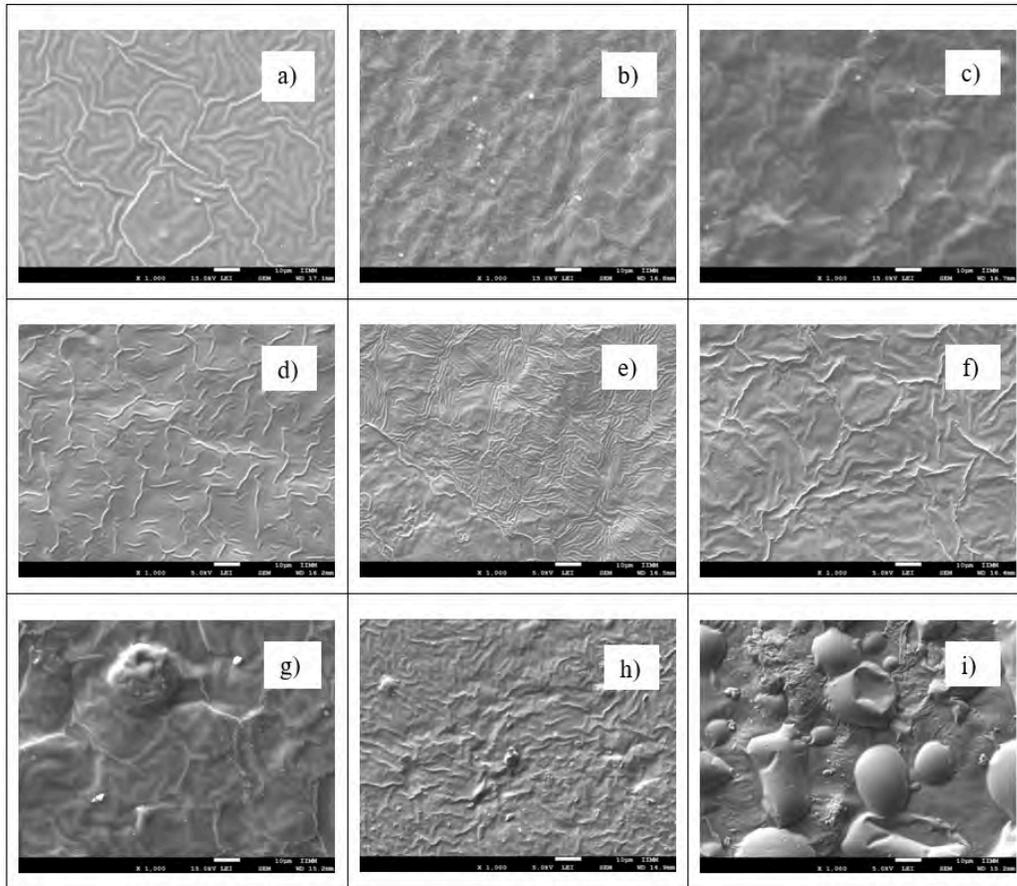


Las Figuras 4 a-b-c muestran microfotografías de las superficies de las películas donde se realizó la variación de la glicerina en 5%v, 10%v y 15%v respectivamente con una cantidad fija de ácido acético de 5%v. Se observó que la imagen 4-a (5% de glicerina) tiene una superficie más lisa en comparación con las Figuras 4-b (10% de glicerina) y 4-c (15% de glicerina) que muestran defectos en la superficie. Microfotografías con la misma variación de glicerina (5%, 10% y 15%) pero con una concentración de 10%v de ácido acético se observan en las Figuras 4 d-e-f. En las imágenes no se observaron superficies demasiado rugosas, siendo la Figura 4-d donde se observó una superficie más lisa.

De la misma manera en las Figuras 4 g-h-i se observan las microfotografías de las películas con la misma variación de glicerina, pero con una concentración del 15%v de ácido acético. Se observan en todos los casos (Figuras 4 g-h-i) superficies con mayor rugosidad, esto debido a una mayor cantidad de ácido acético. En la Figura 4-i se observan burbujas de aire en la película, mientras que en las Figuras 4-g y 4-h se forman gránulos sobre la superficie. Un contenido bajo de glicerina genera películas con menos defectos superficiales.



Figura 4. Micrografías de las películas de bioplástico variando la concentración de glicerina y de ácido acético. Con 5%v de ácido acético. a) 5%v de glicerina; b) 10%v de glicerina; y c) 15%v de glicerina, con 10%v de ácido acético; d) 5%v de glicerina; e) 10%v de glicerina; y f) 15%v de glicerina, con 15%v de ácido acético; g) 5%v de glicerina; h) 10%v de glicerina; i) 15%v de glicerina.

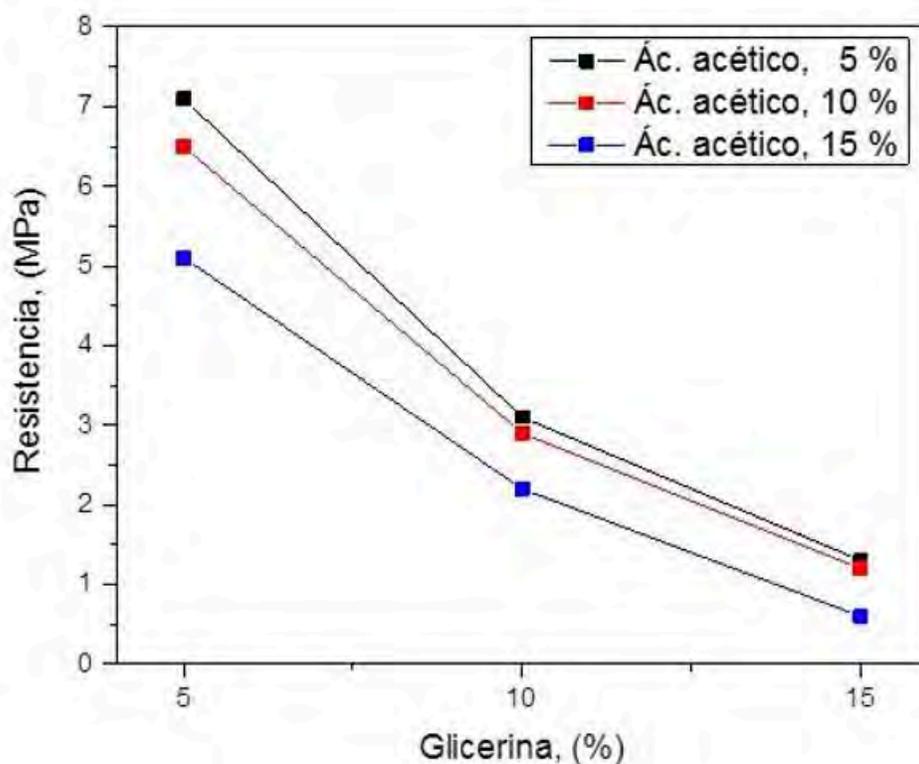


La resistencia a la tensión se determinó mediante una máquina de ensayos universales (AFG 500 N, Mecmesin) con una precisión de  $\pm 0.1\%$ . Para la medición de la resistencia se hicieron nueve probetas por triplicado de 100 mm de largo y 25 mm de ancho de acuerdo con la norma ASTM D638 (ASTM D638, 2014).

En la Figura 5 se presentan los valores de la resistencia a la tracción en MPa de las probetas del bioplástico producidas, se varió el contenido de ácido acético y en cada caso se hizo variar la concentración de glicerina en 5, 10 y 15%. Para la variación del 5% de ácido acético se obtuvieron los siguientes valores de resistencia a la tracción  $7.1 \pm 0.4$  MPa,  $3.1 \pm 0.2$  MPa y  $1.3 \pm 0.1$  MPa para las concentraciones de glicerina de 5, 10 y 15% respectivamente; de igual manera para el 10% de ácido acético, se obtuvieron los siguientes valores  $6.5 \pm 0.4$  MPa,  $2.9 \pm 0.2$  MPa y  $1.2 \pm 0.1$  MPa para los valores de glicerina de 5, 10 y 15% respectivamente, por último para la concentración de ácido acético del 15%, se obtuvieron los respectivos valores de resistencia a la tracción de  $5.1 \pm 0.2$  MPa,  $2.2 \pm 0.2$  y  $0.6 \pm 0.1$  MPa.



Figura 5. Efecto en la variación del contenido de ácido acético en la tracción.



Se observó que entre menor sea la cantidad de ácido acético mayor es la resistencia a la tensión, lo cual se debe a que el ácido acético después de llevar a cabo la reacción de polimerización (Nandiyanto et al., 2020), permanece en la superficie de la película lo cual genera defectos que disminuyen la resistencia a la tracción. Los resultados obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis Anova en Minitab. De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que ambos factores estudiados tienen efecto sobre la resistencia a la tracción.

Respecto a la cantidad de glicerina ocurre un efecto similar, a medida que aumenta la cantidad de glicerina, la resistencia a la tracción disminuye, lo cual se debe a la reducción de las fuerzas intermoleculares lo que provoca que las películas sean más flexibles, pero menos resistentes (Santana et al., 2018). Por comparación consideramos que nuestros resultados superan en términos cuantitativos a los obtenidos con otras fuentes vegetales respecto a la resistencia a la tracción (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores de resistencia a la tracción reportados para bioplásticos de diferentes fuentes botánicas.

Fuente botánica	Resistencia a la tracción (MPa)	Referencia
Cascara de naranja	5.5	(Mayhuire et al., 2018)
Plátano con caseína de leche	4.4	(Palma-Rodríguez et al., 2017)
Harina de yuca	1.8	(Navia et al., 2013)
Higuerilla	7.1 ±0.4	Este trabajo

## Conclusiones

Actualmente, la higuierilla se utiliza principalmente para la obtención de aceite, mediante este estudio presentó otro uso que es la obtención de bioplástico, de llevarse a cabo esta aplicación se puede favorecer a realizar un cultivo en mayor escala. Se lograron obtener películas de bioplástico a partir de higuierilla con valores altos de resistencia a la tracción ( $7.1 \pm 0.4$  MPa) en comparación con fuentes botánicas similares. La celulosa de la higuierilla se obtuvo mediante un proceso alcalino obteniendo un rendimiento aproximado del 8.5%.

Los mejores parámetros para la obtención de las películas plásticas fueron 5% de glicerina, 5% de ácido acético y 20 g de celulosa mediante el proceso de casting. Se observó que al aumentar la cantidad porcentual de glicerina, la resistencia a la tracción disminuía desde  $0.6 \pm 0.1$  hasta  $7.1 \pm 0.4$  Mpa, mientras que la variación porcentual del ácido acético no influyó de forma considerable en la resistencia a la tracción.

## Bibliografía

- 1 ASTM D638. 2014. Standard test method for tensile properties of plastics. ASTM International, West Conshohocken. Doi: 10.1520/D0638-14.
- 2 Chopra, L. 2023. Extraction of cellulose from agro waste- a short review. *Materials Today: Proceedings*. Doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.378.
- 3 Escoto, G. T.; Murillo, V. R. N.; Rodríguez, R. A.; Anzaldo, H. J. y Rivera, P. J. J. 2015. Obtención de celulosa blanqueada de *Ricinus communis* L. mezclada con fibra industrial para fabricar papel bond. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 6(28):106-125.
- 4 Jerez, A.; Partal, P.; Martínez, I.; Gallegos, C. and Guerrero, A. 2007. Protein-based bioplastics: Effect of thermo-mechanical processing. *Rheologica*. 46(5):711-720. Doi: 10.1007/s00397-007-0165-z.
- 5 INIFAP. 2022. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. La Higuierilla como cultivo alternativo. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/la-higuierilla-como-cultivo-de-alternativa>.
- 6 Landoni, M.; Bertagnon, G.; Ghidoli, M.; Cassani, E.; Adani, F. and Pilu, R. 2023. Opportunities and challenges of castor bean (*Ricinus communis* L.) genetic improvement. *Agronomy*. 13(8):2076-2082. DOI: 10.3390/agronomy13082076.
- 7 López-Martínez, A.; Bolio-López, G. I.; Veleza, L.; Solórzano-Valencia, M.; Acosta-Tejada, G.; Hernández-Villegas, M. M. y Córdova-Sánchez, S. 2016. Obtención de celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). *Agroproductividad*. 9(7):41-45.
- 8 Mayhuire, E. A.; Huamaní, Y. C.; Zanard, L. M. y de Miranda, E. M. 2019. Biopelículas producidas con cáscara de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 85(2):231-241. Doi: 10.37761/rsqp.v85i2.80.
- 9 Nandiyanto, A. B. D.; Fiandini, M.; Ragadhita, R. Sukmafritri, A.; Salam, H. and Triawan, F. 2020. Mechanical and biodegradation properties of cornstarch-based bioplastic material. *Materials Physics and Mechanics*. 44(3):380-391. Doi: 10.18720/MPM.4432020-9.
- 10 Navia, D. P.; Villada, H. S. y Ayala, A. A. 2013. Evaluación mecánica de bioplásticos semirrígidos elaborados con harina de yuca. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 11:77-84.
- 11 Palma-Rodríguez, H.; Salgado-Delgado, R.; Páramo-Calderón, D.; Vargas-Torres, A. y Meza-Nieto, M. 2017. Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche. *Acta Universitaria*. 27(1):26-33. Doi: 10.15174/au.2017.1215.
- 12 Pinos, A. y Braulio, J. 2019. Modificación de la celulosa obtenida de la fibra de banano para el uso de polímeros biodegradables. *Afinidad*. 76(585):45-51.

- 13 Saiful, H. H.; Saleha, S. and Iqbalsyah, T. M. 2019. Development of bioplastic from wheat Janeng starch for food packaging. In: IOP conference series: materials science and engineering. Doi: 10.1088/1757-899X/523/1/012015.
- 14 Santana, R. F.; Bonomo, R. C. F.; Gandolfi, O. R. R.; Rodríguez, L. B.; Santos, L. S.; dos Santos Pires, A. C. and Veloso, C. M. 2018. Characterization of starch-based bioplastics from jackfruit seed plasticized with glycerol. *Journal of Food Science and Technology*. 55:278-286.
- 15 Shekade, S. V.; Shirolkar, S. V.; Deshkar, S. S. and Giram, P. S. 2023. Phytochemical, Pharmacognostic, and Pharmacological aspects of *Ricinus communis* Seed Oil. An Overview. *The Natural Products Journal*. 13(3):31-47.
- 16 Valencia, G. L.; Borbón, G. A.; Ochoa, E. X. M.; Antuna, G. O.; Hernández, H. A. y Coyac, R. J. L. 2019. Productividad de higuera (*Ricinus communis* L.) en el norte de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 10(5):1011-1022. 10.29312/remexca.v10i5.1790.
- 17 Vinayaka, D. L.; Guna, V.; Madhavi, D.; Arpitha, M. and Reddy, N. 2017. *Ricinus communis* plant residues as a source for natural cellulose fibers potentially exploitable in polymer composites. *Industrial Crops and Products*. 100:126-131. Doi: 10.1016/j.indcrop.2017.02.019.
- 18 Yeboah, A.; Ying, S.; Lu, J.; Xie, Y.; Amoanimaa-Dede, H.; Boateng, K. G. and Yin, X. A. 2021. Castor oil (*Ricinus communis*): a review on the chemical composition and physicochemical properties. *Food Science and Technology*. 41 399-413 pp. 10.1590/fst.19620.



## Obtención de películas de bioplástico a partir de higuera

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 April 2024
Date accepted: 01 May 2024
Publication date: 24 May 2024
Publication date: Apr-May 2024
Volume: 15
Issue: 3
Electronic Location Identifier: e3335
DOI: 10.29312/remexca.v15i3.3335

### Categories

Subject: Nota de investigación

### Palabras clave:

**Palabras clave:**

*Ricinus communis* L.

casting

celulosa

resistencia a la tracción.

### Counts

Figures: 5

Tables: 1

Equations: 0

References: 18

Pages: 0