

Importancia del uso de residuos orgánicos para obtener bioplásticos. Estudio experimental en Ingeniería de Procesos¹

Jhoana Patricia Montenegro Córdoba

Hugo Andrés Gomajoa Enríquez

Profesores de Ingeniería de Procesos

Universidad Mariana

Los plásticos son materiales maleables altamente utilizados, especialmente para envases y empaques, aunque pueden tener diferentes usos. Los más utilizados son los sintéticos o semi sintéticos, que se obtienen a partir del petróleo mediante una reacción de polimerización, en la cual se unen entre sí, varias moléculas llamadas monómeros, para construir cadenas largas llamadas polímeros.

En las últimas décadas se ha aumentado de manera exponencial la contaminación ocasionada por el plástico; por ello, el desarrollo de polímeros biodegradables es actualmente un campo muy atractivo para seguir explorando e investigando, con el fin de sintetizar nuevos materiales que reemplacen a los plásticos convencionales provenientes del petróleo, con plásticos obtenidos de fuentes renovables, para mitigar y disminuir la contaminación existente y garantizar una sostenibilidad ambiental.

Según el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés, 2023):

La contaminación por plásticos representa una de las mayores crisis ambientales, económicas y sociales. Desde 1950, el 75 % de todo el plástico producido se ha convertido en residuos, la mayoría de los cuales terminan en el medio ambiente, incluyendo el océano. Esto tiene un impacto significativo en la vida silvestre, con casi el 90 % de las especies evaluadas siendo afectadas por los desechos plásticos marinos principalmente, a través de enredos o ingestión. (párr. 1)

Además, el cambio climático se ve altamente intensificado por la contaminación ocasionada por el plástico, dado que la acumulación de estos residuos en el océano restringe su capacidad de absorción de carbono. Es por ello que se han realizado diferentes estudios en cuanto a la elaboración de plástico a partir de biomasa de origen vegetal. Los residuos agrícolas son considerados la mayor fuente de materia prima para la producción de biopolímeros, pues de esta manera el impacto ambiental se reduciría y se beneficiaría el sector agrícola al dar un valor agregado a su actividad, aprovechando mejor la tierra al utilizar estos residuos como fuente de materia prima, al ser abundante, disponible, rentable y sin comprometer la sostenibilidad alimentaria; es decir, sin reducir la oferta de cierto cultivo que está propuesto para la alimentación u otra finalidad.

Específicamente para Colombia, según la WWF (2024) “se calcula que se generan anualmente 700.500 toneladas de envases y empaques plásticos, pero solo el 30 % es reciclado en nuevos empaques” (párr. 1).

Con lo expuesto, fue estructurado el Pacto por los Plásticos en Colombia, una plataforma que promueve un modelo de economía circular que une a distintas empresas de toda la cadena de valor del plástico: resinas, envases y empaques, productoras, comercializadoras, transformadoras de plásticos, gobiernos, academia, gremios y ONG que abordan la problemática de la contaminación de este material, redirigiendo la producción y su respectivo manejo hacia la eliminación, el reciclaje, la reutilización, el compostaje y el incremento de material reciclado

¹ Investigación desarrollada en el programa de Ingeniería de Procesos de la Universidad Mariana, por los profesores investigadores Mag. Jhoana Patricia Montenegro y Mag. Hugo Andrés Gomajoa y las ingenieras de Procesos Daniela Malte y Leidy Escobar, quienes obtuvieron bioplástico a partir de las semillas de mango y de aguacate.

en artículos nuevos, con el fin de acelerar la transición hacia la economía circular de los plásticos (Compromiso empresarial para el reciclaje, CEMPRE, s.f.).

¿Sabías qué? ...



La mitad de los plásticos que consumimos, se fabrica en Asia. China es el principal productor, con un 29 %, seguido de Europa con 19 %, otros países con un 18 % y, ocupando casi el último lugar, América Latina con 4 % (Riera y Palma, 2018).



En el año 2017 un grupo de científicos calculó que existía hasta la fecha, unos 8300 m de plástico producido. De esa cantidad, más de 6300 m habían sido convertidos en residuos y de estos, unos 5700 m no habían pasado nunca por un contenedor de reciclaje.

(Riera y Palma, 2018).



No se conoce cuánto de este plástico termina en el mar, pero sí, que llega junto con las corrientes de los ríos, al ser arrastrados por estas. Tampoco está definido el tiempo que tarda ese plástico en biodegradarse por completo hasta el nivel molecular, pero se calcula que está entre 450 años o, nunca.

(Riera y Palma, 2018).



Al menos ocho millones de toneladas de plástico son filtradas al océano cada año, lo que equivale a arrojar el contenido de un camión de basura al océano cada minuto.

(WWF, 2023).



En un escenario como el actual, se espera que el océano contenga 1 tonelada de plástico por cada 3 toneladas de peces para 2025, poniendo en riesgo nuestra seguridad alimentaria y repercutiendo en actividades económicas como la pesca y el turismo. En cuanto a nuestra salud, podríamos estar ingiriendo aproximadamente 5 gramos de plástico del agua, aire y alimentos cada semana. (WWF, 2023, párr. 13)



Los productos biodegradables tienen la capacidad de descomponerse bajo condiciones habituales en la biosfera (calor, humedad...), y a través de un proceso de compostaje (acción de microorganismos como hongos o bacterias), desaparecen sin dejar residuos tóxicos visibles o aparentes. (Interplásticos Colombia, s.f.).



Los subproductos agrícolas, si bien en su mayoría deben ser tratados químicamente para extraer o aislar macromoléculas específicas como celulosa, lignina y suberina, o monómeros, contienen sustancias como lípidos, polisacáridos y compuestos aromáticos, útiles en la elaboración de bioplásticos. Algunos usados en la obtención de filmes plásticos son la cáscara de papa, los residuos de zanahoria, la piel del tomate, el orujo de manzana, la cáscara de maní, la paja del arroz, las semillas de 'jack- fruit' (Riera y Palma, 2018).

Algunos estudios de utilización de residuos agroindustriales en la elaboración de bioplástico

Escribano (2020) obtuvo un bioplástico a partir de cáscara de maracuyá y glicerina como aditivo plastificante. El bioplástico elaborado 100 % de cáscara de maracuyá presentó propiedades mecánicas de tracción y elongación óptimas para el cumplimiento de la Norma UNE-EN 13432:2001.33 que comprende los requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación.

Salazar (2022) evaluó las propiedades fisicoquímicas de los biopolímeros generados de la extracción de fécula de los residuos orgánicos de la papa y el maíz obtenidos del mercado central del distrito de Cutervo. Los resultados obtenidos en la prueba de degradación de 15 días de los biopolímeros elaborados de fécula de papa y maíz fueron: bioplástico de papa peso inicial de 6gr, peso final 4.2 gr, bioplástico de maíz peso inicial 5gr, peso final 3.97 gr. Resultados de la prueba de densidad en: el biopolímero de papa cuenta con una densidad de 0.5 g/cm³; la densidad del biopolímero de maíz es de 0.66666667 g/cm³. Los resultados de las pruebas de soporte fueron: el biopolímero de papa tiene un soporte de peso 0.73 Kg, el biopolímero de maíz cuenta con un soporte de peso de 0.92 Kg; por lo tanto, la comparación de los biopolímeros de las féculas de papa y maíz es óptima para la elaboración de bioplásticos, siendo el almidón de maíz, un mejor insumo para la fabricación.

Zhang et al. (2023) obtuvieron bioplásticos pectocelulósicos de alto rendimiento a partir de desechos del procesamiento de frutas; específicamente, cáscaras de cítricos ricas en pectina y celulosa. La pectina, la celulosa y la lignina de las cáscaras de los cítricos fueron separadas y luego, los componentes de pectina y celulosa fueron recombinados para formar una suspensión formadora de película de pectina y celulosa para moldear películas. Una vez secas las películas fundidas, fueron sumergidas en una solución de CaCl₂ para reticular las cadenas de pectina. Las películas bioplásticas pectocelulósicas obtenidas poseían una estructura de laminillas densas debido al entrelazamiento inter/intramolecular entre la pectina cruzada y las micro/nanofibras de celulosa, ofreciendo excelentes propiedades mecánicas, fácil reciclaje y rápida biodegradación. Además, este bioplástico pectocelulósico exhibió una excelente estabilidad al agua, propiedades de barrera al vapor de agua y actividad antioxidante. Es importante destacar que el mismo protocolo se aplicaba a la fabricación de bioplásticos a partir de otras materias primas de biomasa ricas en pectina y celulosa (como cáscaras de sandía, piña y

melón). Tanto desde un punto de vista ecológico como económico, estos bioplásticos derivados de biomasa sintetizados en este trabajo ofrecen potencial como sustitutos de los plásticos derivados de petroquímicos en muchos campos, especialmente en el envasado de alimentos activos.

Jara et al. (2023) buscaron proponer un nuevo uso de residuos orgánicos con características favorables para la obtención de biomateriales; probaron la elaboración de bioplástico a partir de pectina extraída de la cáscara de cítricos y manzanas. Mediante extracción acuosa obtuvieron la pectina para luego transformarla en un bioplástico con la adición de ácido cítrico, glicerol, carboximetilcelulosa y agua. Experimentaron con el uso de tres dosis, siendo la mejor dosis para producir el bioplástico con mejores propiedades al utilizar 1 % ácido cítrico, 7 % glicerol, 0.39 % carboximetilcelulosa y 2 % pectina, bioplástico que presentó valores de elongación y tracción de 7.3575. N/ cm² y 62,22 %, porcentaje de absorción de agua de 94,26 %, 100 % de biodegradabilidad (en el suelo) en 21 días, así como 100 % de degradación en agua en 14 días y 28,39 % de degradación al aire libre en 28 días. La obtención de estos biomateriales es una forma de aprovechar los residuos de cítricos y otras frutas con ventajas de sostenibilidad ambiental y dentro del concepto de economía circular, que evitaría el uso de plásticos a base de productos químicos contaminantes.

Rajesh et al. (2024) centraron su investigación en el desarrollo de bioplásticos a partir de cáscaras de plátano y de patata y, almidón de maíz. La formación de bioplásticos a partir de cáscaras de plátano y patata no tuvo tanto éxito, pero fue notablemente consistente la formación de bioplásticos derivados del almidón de maíz. Las películas bioplásticas a base de almidón de maíz muestran mejores propiedades fisicoquímicas, además de la disponibilidad de grupos funcionales mediante FT-IR (C-O-H, O-H, C-H, C = O, CONH, C-O y C-O-C) y confirman la superficie de las películas bioplásticas derivadas de este, comparadas con la literatura ya existente mediante el análisis SEM. Además, la investigación incluyó pruebas de solubilidad y biodegradabilidad en las que determinaron que los recursos agrícolas más adecuados y preferidos para la producción de plástico biodegradable son las que resultan a partir del almidón de maíz.

En esta investigación se realizó, en total, 54 biopelículas, las cuales muestran incidencias directas significativas en cuanto a la resistencia y elongación, que fueron las variables estudiadas en el diseño experimental. Se encontró que las películas con igual contenido de almidón de aguacate y mango (50 %) presentaron las mejores propiedades mecánicas en general.



Figura 1

Películas de bioplástico a partir de semillas de mango y aguacate

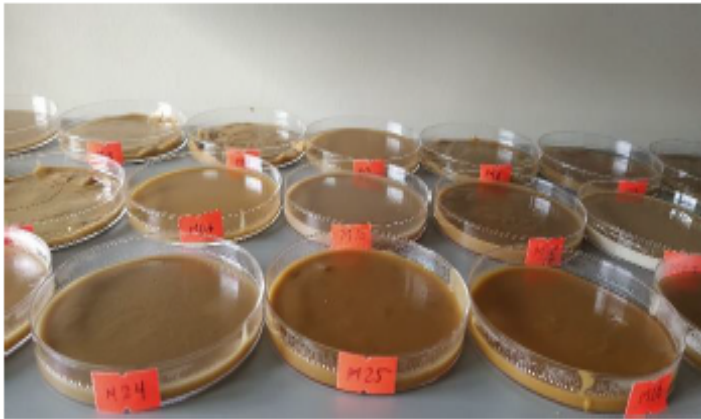


Tabla 1

Resultados promedio de la caracterización física de los bioplásticos obtenidos

Caracterización	Resultado
Espesor	1.127 ± 0,001 mm
Humedad	45,80 %
Solubilidad	40,18 %
Permeabilidad al vapor de agua	0.001693
Densidad	1.087 g/mL
Resistencia	0.1400 kPa
Elongación	227,5

En términos generales, los resultados obtenidos muestran que las características del bioplástico obtenido, si bien no podrían ser utilizados para la elaboración o recubrimiento de cubiertos de cocina, pueden ser estudiados como uso potencial para la utilización como películas biopoliméricas para el cubrimiento de alimentos.

Referencias

Compromiso empresarial para el reciclaje (CEMPRE). (s.f.). Sobre el pacto. <https://cempre.org.co/pacto-plasticos/que-es-el-pacto/>

Escribano, V. M. (2020). *Desarrollo y caracterización de un bioplástico a partir de la cáscara de maracuyá (pasiflora edulis)* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7450>

Interplásticos Colombia. (s.f.). Empaques multimaterial biodegradables y compostables. <https://www.interplasticoscolombia.com/>

Jara, V. N., Ocana, Z. I., Lizarzaburu, D. A., Munoz, F., Roman, H., & Benites-Alfaro, E. (2023). Circular economy: Use of fruit waste to obtain bioplastics. *Chemical engineering transactions*, 100, 103-108. <https://doi.org/10.3303/CET23100018>

Rajesh, Y., Neha, G., Saloni, P., Deore, V., Shivde, P., & Dabhade, G. (2024). Agricultural resources in focus: Eco-friendly bioplastic synthesis from corn starch. *Materials Today: Proceedings*, 1.

Riera, M. A. y Palma, R. M. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances en Química*, 13(3), 69-78.

Salazar, S. L. (2022). *Comparación de la calidad del bioplástico de los almidones de Solanum tuberosum (papa) y Zea mays (maíz) obtenidos del mercado central del distrito de Cutervo* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/118480?show=full>

WWF Colombia. (2023). WWF se une al pacto por los plásticos en Colombia. <https://www.wwf.org.co/?381452/WWF-se-une-al-Pacto-por-los-Plasticos-en-Colombia#>

WWF Colombia. (2024). Un paso clave en la lucha contra la contaminación por plásticos de un solo uso en Colombia. <https://www.wwf.org.co/?389650/plasticos-de-un-solo-uso-prohibidos-Colombia#:->

Zhang, S., Fu, Q. H., Wu, P., Waterhouse, G. I., Li, Y., & Ai, S. (2023). A pectocellulosic bioplastic from fruit processing waste: robust, biodegradable, and recyclable. *Chemical Engineering Journal*, 463, 142452. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.142452>