

Perspectiva actual de los plásticos y el ácido poliláctico (PLA) como alternativa sostenible

Humberto Cruz Ramírez¹, Miriam Paola Barrera Nava¹, Antonio Martínez Richa¹

¹ Posgrado en Química | División de Ciencias Naturales y Exactas | Campus Guanajuato | Universidad de Guanajuato

*h.cruzramirez@ugto.mx















INTRODUCCIÓN

¿Estamos consumiendo plásticos sin saberlo? ¿Qué tan perjudiciales son los microplásticos para la salud? ¿Cuánto tiempo tarda el plástico en degradarse? ¿Qué acciones podemos tomar para reducir la contaminación por plásticos? Estas son algunas de las preguntas más comunes que surgen en relación con el uso del plástico. En los últimos años, el interés científico sobre este material ha crecido significativamente, lo que ha dado lugar a múltiples investigaciones y diversas propuestas para mitigar sus efectos. Entre estas alternativas destacan los bioplásticos. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la viabilidad del uso de fuentes renovables para la obtención de PLA y su potencial para reemplazar polímeros de origen fósil, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental de los plásticos convencionales.

CLASIFICACIÓN Y DESECHO DE LOS PLÁSTICOS

En la actualidad existen diversos tipos de polímeros, cuentan con su clasificación dependiendo de sus propiedades, método de elaboración, características, usos, etc. En la tabla 1 se encuentra una clasificación para reciclado de plástico a nivel mundial realizada por Plastics Industry Association (Sociedad de la Industria de los Plásticos) en 1988 que es muy útil para conocer diversos aspectos y propiedades de los plásticos, ayudar a la humanidad a catalogar, así como el uso de rechazar, reducir, reutilizar, reparar, restaurar, remanufacturar, re-proponer, reciclar, recuperar (9R) de la economía circular, también como método de protección y prevención en los plásticos (Coltro, 2008).

Tabla 1. Códigos de identificación de los plásticos en la que podemos observar en la primera columna su simbología, en la segunda columna el nombre del polímero y en la tercera columna las aplicaciones más comunes del plástico por código.

Simbología	Nombre del Polímero	Aplicaciones más comunes
	PET (POLIETILENO TEREFALATO)	
	HDPE (POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD)	
	PVC (CLORURO DE POLIVINILO)	
	LDPE (POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD)	
	PP (POLIPROPILENO)	
	PS (POLIESTIRENO)	
	OTROS (MEZCLA DE OTROS PLÁSTICOS)	

Identificar el tipo de plástico que se manipula es fundamental para proteger la salud, ya que permite distinguir entre aquellos materiales seguros y los que pueden representar un riesgo, especialmente al estar en contacto con alimentos o bebidas. Algunos plásticos liberan sustancias tóxicas durante su degradación o cuando se exponen a factores abióticos. Por ejemplo, el PVC puede liberar dioxinas, furanos, cloruro de hidrógeno y plastificantes, mientras que el PS (poliestireno) puede liberar benceno, un monómero residual, entre otras sustancias nocivas (Buteler, 2019).

Otro objetivo importante de la clasificación de los plásticos es fomentar el consumo responsable y reducir el impacto ambiental derivado de una disposición inadecuada de estos materiales. La incorrecta gestión de residuos plásticos ha llevado a muchos países a implementar medidas más estrictas, tales como el cobro por kilogramo de desechos, la promulgación de leyes que regulan la clasificación y eliminación adecuada de los plásticos, y la instalación de máquinas de reciclaje que ofrecen incentivos económicos a los usuarios. Asimismo, se ha promovido una mayor educación ambiental y responsabilidad social, junto con el uso de tecnologías accesibles que permiten a la población informarse, aprender y adoptar prácticas más sostenibles en el consumo de plásticos (Pinto da Costa, 2020).

El propósito principal de la clasificación de los plásticos es educar al consumidor sobre el uso adecuado y la correcta disposición de los plásticos. Esta clasificación está estrechamente vinculada con los principios de las 9R de la economía circular, cuyo objetivo es maximizar el valor de los recursos, productos y materiales durante el mayor tiempo posible, evitando la generación de residuos; reduciendo el consumo de recursos naturales y disminuir la necesidad de producción masiva de plásticos, fomentar la gestión responsable de residuos y promover el desarrollo de materiales más sostenibles. Asimismo, buscar el reducir o eliminar el uso de plásticos y productos de un solo uso, como botellas de agua, refrescos, leche, alcohol, envases de detergentes, popotes, globos, entre otros. Este tipo de plásticos debería utilizarse lo menos posible, optando por alternativas biodegradables o reutilizables que permitan prolongar su vida útil y reducir su impacto ambiental.

PLA COMO IMPULSO E INCORPORACIÓN DE NUEVOS MATERIALES BIODEGRADABLES

Los plásticos de origen fósil seguirán influyendo en el presente y futuro gracias a sus buenas propiedades, bajo costo, versatilidad y gran variedad de ventajas que otorgan; no obstante, tienen desventajas como la contaminación provocada por su uso desmedido, formación de islas de plástico en los océanos, aumento de vertederos plásticos, aumento de microplásticos (ya que los polímeros tienden a degradarse con factores abióticos y bióticos). A pesar de que algunos de estos materiales llegan a degradarse parcialmente, la mayoría no llega a mineralizarse o degradarse al 100%, lo cual genera la problemática de los microplásticos o nanopartículas que finalmente entran a la cadena alimentaria de los seres vivos.

Los plásticos de origen fósil tienen un tiempo de degradación muy alto. Algunos ejemplos son: bolsa de plástico 55 años, empaques y utensilios de un solo uso 65-75 años, encendedores 150 años, PET 450 años, hilo de pesca 600 años, llantas 650 años. Existen otros polímeros cuyo tiempo de degradación supera los 1,000 o incluso 10,000 años (Greenpeace, 2017). Una clara desventaja de estos materiales no renovables es la dependencia y comodidad que generan, ya que contribuyen al cambio climático en todas sus etapas: desde su producción, pasando por su consumo, hasta su prolongada persistencia en el medio ambiente. Cada uno de estos procesos libera gases de efecto invernadero, agravando el impacto ambiental.

Para contrarrestar las desventajas del uso de plásticos derivados del petróleo, sin renunciar a sus beneficios, se han investigado alternativas biodegradables provenientes de recursos naturales. Uno de los polímeros más estudiados como alternativa es el ácido poliláctico (PLA), el cual puede obtenerse a partir de almidón presente en materias primas como el maíz, la caña de azúcar, la yuca o la papa. Entre las aplicaciones más comunes del PLA se encuentran; bolsas, envases, utensilios médicos e incluso implantes. El tiempo de degradación del PLA varía según su estereoisómero: el poliácido D-láctico (PDLA) se degrada en aproximadamente 14 meses, mientras que el poliácido L-láctico (PLLA) puede tardar hasta 22 meses (Mehta, 2005).

Con el objetivo de producir PLA de manera ambientalmente sostenible y con propiedades comparables a las de los polímeros comerciales actuales, se han empleado fuentes naturales de almidón extraídas mediante métodos termo-mecánico-químicos. En la figura 1 se muestran tres tipos de almidón provenientes de maíz, papa e higuera que fueron utilizados como fuente de carbono para llevar a cabo el proceso de fermentación láctica (FL).

La FL es un proceso celular anaeróbico (en ausencia de oxígeno) donde se utiliza la glucosa o alguna otra fuente de carbono como la sacarosa, lactosa, almidón entre otros para producir energía y como producto final obtenemos el ácido láctico (AL). Se utilizó la FL como ruta química para la producción de PLA ya que a diferencia de otras rutas químicas se necesitan solventes orgánicos, catalizadores, reactivos y condiciones que no son favorables para el medio ambiente y en cambio el trabajo es realizado por las bacterias

lácticas que pueden ser *Pediococcus*, *Leuconostococcus*, *Oenococcus*, *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus Bulgaricus*, *Lactobacillus leichmanii*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Yersinia*, *Rhizopus oryzae*, hongos, protozoos y en los tejidos animales, etc. (Castro Aguirre, 2016).

Al concluir la FL se realizó una purificación del AL seguido de una polimerización para transformar el AL en PLA. Existen distintas rutas para esta polimerización. Una de ellas es la polimerización por apertura de anillo (ROP), en la cual inicialmente se convierte el AL a lactida, que sirve como monómero para la apertura de anillo y obtener PLA con pesos moleculares que varían de 1000 a 100000 Dalton (Da). Otra ruta polimérica es la polimerización por policondensación directa en la cual se usa como monómero el AL para obtener PLA con pesos moleculares de 1000 a 100000 Da aunque se han reportado pesos moleculares más bajos por esta ruta polimérica (Campozano Mendoza, 2022).



Figura 1.- Almidón extraído en el laboratorio de polímeros de la Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas, proveniente de: 1) maíz (*Zea mays L.*), 2) papa (*Solanum tuberosum L.*) y 3) higuera (*Ricinus communis L.*).

Una vez finalizada la polimerización, el PLA puede alcanzar diversas formas, como filamentos, películas o líquidos viscosos, tal como se muestra en la figura 2. Sin embargo, una desventaja del PLA son sus propiedades mecánicas y térmicas, que suelen ser inferiores en comparación con otros polímeros convencionales. Por ello, recientemente se ha optado por mejorar sus características mediante la elaboración de compuestos, híbridos, mezclas, polímeros dibloque y nanocompuestos. En esencia, estos métodos consisten en incorporar materiales que aporten propiedades superiores al PLA, destacando así esas mejoras para dirigir el uso del material a aplicaciones específicas.

En la figura 2 se muestra un nanocomposito que empleó nanocelulosa como nanorefuerzo. La nanocelulosa se obtuvo a partir de recursos renovables y proporciona una mejora en las propiedades mecánicas, térmica y un aumento de área superficial lo que permite la realización de películas y membranas para tratamiento de agua. Asimismo, se ha comprobado que ambos materiales son biocompatibles con el cuerpo humano, lo que ha impulsado su uso en diversas aplicaciones médicas durante los últimos años.

Otros polímeros biodegradables que pueden emplearse para sustituir los polímeros sintéticos derivados del petróleo son: la policaprolactona, con

un tiempo de degradación de 22 meses; el almidón con 6 meses de degradación (MDD); la celulosa y el quitosano, ambos con aproximadamente 3 MDD; el polihidroxialcanoato con 6 MDD; y el polibutileno succinato con 12 MDD, entre otros (Gómez Alonzo Martínez, 2025).

CONCLUSIÓN

En 2023, se reportó una producción mundial de plásticos a gran escala de 413.8 millones de toneladas, de las cuales solo el 0.7 % corresponde a polímeros de origen renovable (Plastics Europe, 2024). Por ello, es fundamental enfatizar la importancia de un consumo responsable y consciente de estos materiales, así como de comprender los efectos del uso desmedido de plástico mediante fuentes de información verídicas.

Los esfuerzos que se han realizado por mitigar esta problemática han permitido probar otro tipo de materiales como sustitutos o refuerzo, siendo muchos de estos materiales alternativas naturales y biodegradables como lo es el PLA. Cabe destacar que los nuevos biopolímeros que se están desarrollando reflejan una tendencia creciente hacia la protección del planeta, promoviendo el uso más sostenible de sus recursos.



Figura 2. Tipos de PLA y derivados obtenidos del laboratorio de polímeros de la Universidad de Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas 1) filamentos, 2) nanocompuesto con nanocelulosa en forma de película, 3) película, 4) líquido viscoso y 5) membrana de filtración.

REFERENCIAS

- Buteler, M. (2019). El problema del plástico: ¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos? *Desde la Patagonia. Difundiendo Saberes*, 16(28), 56–60. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET_Digital_Nro.9fbc68cb-0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Campozano Mendoza, I. R., & Riera, M. A. (2022). *Ácido poliláctico: una revisión de los métodos de producción y sus aplicaciones* (Tesis de titulación, Universidad Técnica de Manabí). *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 16(1), 42–53. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6908007>
- Castro-Aguirre, E., Iñiguez-Franco, F., Samsudin, H., Fang, X., & Auras, R. (2016). Poly (lactic acid)—Mass production, processing, industrial applications, and end of life. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 107, 333–366. <https://doi.org/10.1016/j.addr.2016.03.010>
- Coltro, L., Gasparino, B. F., & Queiroz, G. de C. (2008). Reciclagem de materiais plásticos: A importância da identificação correta. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 18(2), 119–125. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282008000200008>
- Gómez Alonzo Martínez, A., Fariás Cepeda, L., Narro Céspedes, R. I., & Enríquez Medrano, F. J. (2025). El futuro nos alcanza, la meta: La transición de los polímeros sintéticos a los biodegradables para un futuro sostenible. *CienciaCierta*, 21(81), 1–21. <https://revistas.uadec.mx/CienciaCierta/article/view/12>
- Mehta, R., Kumar, V., Bhunia, H., & Upadhyay, S. N. (2006). Synthesis of poly (lactic acid): A review. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, 45(4), 325–349. <https://doi.org/10.1080/15321790600702198>
- Pinto da Costa, J., Mouneyrac, C., Costa, M., Duarte, A. C., & Rocha-Santos, T. (2020). The role of legislation, regulatory initiatives and guidelines on the control of plastic pollution. *Frontiers in Environmental Science*, 8, 104, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.00104>
- Greenpeace España, Rose, W., & Parsons, G. (2017). *Plásticos en los océanos: Datos, comparativas e impactos* (pp. 1–5). Greenpeace España. https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_oceanos_LR.pdf
- PlasticsEurope, EPRO & PEMRG. (2024). *Plastics – the fast Facts 2024*. PlasticsEurope. <https://plasticseurope.org/es/knowledge-hub/plastics-the-fast-facts-2024/Plastics+Europe+7>