

03. ¿LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES SON TAN INOFENSIVOS COMO CREEMOS? EL CASO DEL POLI (ÁCIDO LÁCTICO) EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS.

Morales Moran Belén Margarita
Estudiante de la Licenciatura
en Química
belen.morales8274@alumnos.udg.mx
ORCID: 0009-0007-6191-5123

Pérez-Fonseca Aida Alejandra
Profesora investigadora del
Departamento de Ingeniería
Química
aida.perez@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0003-2443-3882

Ramírez Anguiano Ana Cristina
Profesora e investigadora del
Departamento de Química
ana.ranguiano@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-3305-3809

Velasco Ramírez Sandra Fabiola*
Profesora e investigadora del
Departamento de Química
sandra.vramirez@academicos.udg.mx
ORCID: 0000-0002-7054-1465





RESUMEN

El uso de plásticos biodegradables ha sido ampliamente promovido como una alternativa verde frente a la contaminación ambiental. Sin embargo, cuando estos plásticos se fragmentan en microplásticos, sus efectos pueden ser igual o más nocivos que los de plásticos convencionales. En este artículo explicamos, de manera sencilla, cómo un grupo de estudiantes y de investigadoras de la Universidad de Guadalajara estudió los efectos del poli (ácido láctico) (PLA) irradiado en cultivos hidropónicos de lechuga (*Lactuca sativa* L.), un método donde las plantas crecen sólo con agua y nutrientes, sin tierra. Al incorporar estos microplásticos al agua de cultivo, analizamos los cambios en compuestos naturales de las plantas conocidos como metabolitos secundarios, los cuales tienen funciones antioxidantes clave para la salud humana. Los resultados mostraron que las lechugas expuestas a microplásticos irradiados de PLA modificaron sus niveles de compuestos como flavonoides y antocianinas, mientras que los taninos se mantuvieron en niveles similares entre tratamientos. Este tipo de hallazgos nos lleva a cuestionar si todos los plásticos biodegradables son realmente seguros para el ambiente y los alimentos que consumimos. En la vida cotidiana, esto significa que los plásticos que usamos a diario pueden fragmentarse hasta convertirse en partículas diminutas que terminan en los alimentos que llegan a nuestra mesa. Nuestra investigación invita a revisar críticamente el impacto de los materiales llamados “ecológicos” y propone nuevas rutas para evaluar su interacción con los sistemas agrícolas modernos.

Los microplásticos están en todas partes

Probablemente has escuchado hablar de los microplásticos, esas pequeñas partículas que resultan de la degradación de objetos plásticos y que hoy se encuentran en ríos, lagos, suelos y hasta en alimentos de consumo diario (1). Aunque los plásticos biodegradables como el poli(ácido láctico) (PLA) se promocionan como una opción más amigable con el ambiente, quisimos preguntarnos qué ocurre cuando estos materiales también se fragmentan y terminan en nuestros cultivos.

En nuestro grupo de investigación, en el Departamento de Química de CUCEI de la Universidad de Guadalajara, nos propusimos responder esta pregunta. En términos sencillos, queríamos saber si un plástico “biodegradable” podía modificar la forma en que crece una lechuga y los compuestos benéficos que produce. Los resultados no sólo interesan a la comunidad científica: en la vida cotidiana, los plásticos que usamos a diario pueden fragmentarse hasta convertirse en partículas tan pequeñas que terminan en el agua de riego y, finalmente, en los alimentos que consumimos.



Figura 1. Proceso de degradación plástica: una botella de plástico se fragmenta progresivamente en piezas más pequeñas, hasta convertirse en microplásticos y eventualmente en nanoplasticos. Esta transformación ocurre por la acción de factores físicos, químicos y biológicos en el ambiente, representando un riesgo creciente para los ecosistemas y la salud humana (1).



Un experimento con lechugas y plásticos “biodegradables”

Para estudiar este problema trabajamos con un sistema hidropónico, es decir, un método donde las plantas crecen sin tierra, sólo con agua y nutrientes. Este tipo de cultivo es cada vez más común en la agricultura urbana y en sistemas de producción intensiva de vegetales (2,3).

En este sistema hidropónico añadimos microplásticos de PLA que habían sido expuestos previamente a luz ultravioleta, simulando lo que pasaría con un plástico en condiciones ambientales reales, después de estar al sol durante largos periodos (2,5). Cultivamos lechugas (*Lactuca sativa* L.) durante un mes en presencia y ausencia de estos microplásticos y, al finalizar, analizamos sus compuestos naturales, conocidos como metabolitos secundarios.

¿Por qué importan los metabolitos secundarios?

Los metabolitos secundarios no sólo protegen a las plantas frente al estrés ambiental, también pueden tener beneficios para nuestra salud. Dentro de ellos se encuentran los polifenoles, los flavonoides, los taninos y las antocianinas, que se han relacionado con actividad antioxidante y con posibles efectos protectores frente al daño celular y algunas enfermedades crónicas (3,4).

En términos sencillos, estos compuestos son parte del “botiquín químico” de la planta. Cuando la planta percibe una condición adversa, como un contaminante, un exceso de luz o un cambio brusco en el ambiente, puede producir más de estos metabolitos para defenderse.



Los resultados: así cambiaron las lechugas contaminadas

Al comparar las lechugas cultivadas con y sin microplásticos de PLA irradiado observamos cambios claros en la composición de sus metabolitos secundarios y en su capacidad antioxidante (3,5).

En términos simples, pudimos resumir nuestros hallazgos en tres ideas clave:

- **Las lechugas en contacto con microplásticos cambiaron su composición química.** En particular, se modificaron los niveles de algunos metabolitos secundarios en hojas, raíces y semillas.
- **Algunos compuestos antioxidantes aumentaron, lo que indica que la planta se estresó.** Observamos incrementos en polifenoles totales, flavonas, flavonoles y antocianinas en las lechugas expuestas al PLA, lo que sugiere que activaron mecanismos de defensa frente a la presencia de estos microplásticos.
- **En el caso de los taninos, los niveles se mantuvieron similares entre todos los tratamientos.** Sólo se detectaron ligeras variaciones asociadas al tipo de extracto utilizado para el análisis (por ejemplo, si se usó agua o alcohol), pero no un cambio tan marcado como en otros compuestos.

Además, al evaluar la capacidad antioxidante, es decir, la habilidad que tienen estas sustancias para proteger nuestras células del daño causado por moléculas llamadas radicales libres, encontramos diferencias entre las lechugas expuestas a microplásticos y las lechugas de control. Esto refuerza la idea de que los microplásticos pueden alterar la fisiología de la planta y sus mecanismos de defensa (3–5).

Una reflexión necesaria

Nuestro estudio pone en evidencia que, incluso materiales considerados ecológicos, pueden tener efectos no deseados en sistemas agrícolas sensibles como los cultivos hidropónicos (1,2,5). La radiación solar y el paso del tiempo modifican sus propiedades físicas y químicas, haciéndolos más reactivos y capaces de interactuar con las raíces de las plantas de formas que todavía estamos empezando a entender.

Un experimento con lechugas y plásticos “biodegradables”

En otras palabras, el hecho de que un plástico esté etiquetado como biodegradable no garantiza que, una vez fragmentado en microplásticos, sea inocuo para los cultivos o para las personas. Esto sugiere que incluso los plásticos biodegradables pueden tener efectos no deseados en la agricultura y en la calidad de los alimentos.



Figura 2. Materiales comúnmente etiquetados como ecológicos, como utensilios, envases biodegradables y botellas reutilizables, pueden sufrir transformaciones físicas y químicas bajo condiciones ambientales como la radiación solar. Este estudio muestra que tales cambios pueden provocar interacciones inesperadas en sistemas agrícolas hidropónicos, poniendo en cuestión su inocuidad y su sostenibilidad real (2,5).

La importancia de investigar lo que consumimos



Figura 3. Esquema general del estudio realizado sobre el impacto de microplásticos de poli(ácido láctico) (PLA) irradiado en cultivos hidropónicos de lechuga (*Lactuca sativa* L.). La investigación muestra cómo estos plásticos biodegradables pueden alterar los niveles de metabolitos secundarios con funciones antioxidantes, como polifenoles, flavonoides y antocianinas, entre otros, cuestionando su supuesta inocuidad en sistemas agrícolas modernos (3–5).

Este proyecto, realizado en el Departamento de Química de CUCEI de la Universidad de Guadalajara, se suma a otras investigaciones que analizan cómo los microplásticos alteran las propiedades del suelo, del agua y el crecimiento de distintos cultivos (1–5). En el caso específico de la lechuga (*Lactuca sativa* L.), nuestros resultados muestran que los microplásticos de PLA irradiado pueden cambiar el perfil de metabolitos secundarios con función antioxidante, lo cual abre nuevas preguntas sobre su impacto en la cadena alimentaria.

La ciencia, además de generar conocimiento, nos ayuda a tomar decisiones mejor informadas. Entender cómo los materiales modernos afectan la calidad de los alimentos que cultivamos es fundamental para proteger la salud humana y la del planeta. Este tipo de estudios permite que ciudadanía, productores y tomadores de decisiones discutan con más elementos cuáles materiales deberían considerarse realmente sostenibles.

Referencias

1. Horton AA, Walton A, Spurgeon DJ, Lahive E, Svendsen C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Sci Total Environ.* 2017;586:127–141.
2. Sun L, Zhang W, Feng Y, et al. Aged polylactic acid microplastics with ultraviolet irradiation alleviated the toxic effect of Cd on pakchoi (*Brassica chinensis* L.) in hydroponics. *J Environ Chem Eng.* 2024;12(5):113930.
3. Wang Y, Xiang L, Wang F, et al. Transcriptomic and metabolomic changes in lettuce triggered by microplastics-stress. *Environ Pollut.* 2023;320:121081.
4. Jurić S, et al. The enhancement of plant secondary metabolites content in *Lactuca sativa* L. by encapsulated bioactive agents. *Sci Rep.* 2020;10(1):3737.
5. Liu R, Liang J, Yang Y, et al. Effect of polylactic acid microplastics on soil properties, soil microbes and plant growth. *Chemosphere.* 2023;329:138504.

