



TRANSFORMACIÓN DE DESPERDICIOS EN BIOPLÁSTICOS: UNA ALTERNATIVA SOSTENIBLE

Yolanda González García, Berenice Clifton García*

Laboratorio de Bioingeniería, Departamento de Madera, Celulosa y Papel,
Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería, Universidad de
Guadalajara

*Contacto: berenice.clifton@academicos.udg.mx



RESUMEN

En México se producen 44 millones de toneladas de basura anualmente, siendo el 30% residuos orgánicos, los cuales podrían valorizarse. Una opción para su valorización es transformarlos biotecnológicamente en bioplásticos, lo cual es una alternativa sostenible al problema de disposición final de residuos orgánicos y ayuda a disminuir el costo de producción de estos biopolímeros. Además, los bioplásticos obtenidos son biodegradables, es decir que estos bioplásticos reincorporan al medio ambiente después de su uso; también, son biocompatibles, que significa que pueden utilizarse en seres vivos sin causarles reacciones adversas, abriendo el abanico de opciones en las que pueden ser utilizados, por ejemplo, en hilos de sutura. Sin embargo, todavía existen desafíos para poder realizar esta transformación de manera industrial.

Palabras claves:
RESIDUOS ORGÁNICOS, BIOPLÁSTICO, VALORIZACIÓN

En México, diariamente se producen aproximadamente 120.1 mil toneladas de residuos. De esta cantidad, 46.4 mil toneladas corresponden a residuos orgánicos y 12.4 mil toneladas a plásticos. La mayoría de estos plásticos no se reciclan, solo un 6% logra reciclarse, mientras que el 94% se acumula en vertederos y océanos [1]. Esto ha dado lugar a la formación de islas de plástico en el océano Pacífico, equivalentes al 85% del tamaño de nuestro país [2]. En cuanto a los residuos orgánicos, gran parte de estos termina en los vertederos, sin obtener ningún valor. Sin embargo, una alternativa es transformar estos residuos en algo valioso como los bioplásticos.

La frase “la basura de unos es el tesoro de otros” cobra un nuevo significado cuando consideramos la valorización (darle un nuevo valor a un residuo) de desperdicios orgánicos para producir bioplásticos. Así, en lugar de desecharlos, muchos residuos pueden ser fermentados por bacterias para producir bioplásticos llamados polihidroxialcanoatos (PHA), lográndose con esto un ciclo de producción sostenible, ya que al ser biodegradables se reincorporan al ciclo de carbono. Este es el proceso natural que permite el intercambio de carbono entre la biosfera y los seres vivos.

Diversos investigadores han trabajado en esta área, aprovechando una variedad de residuos:

Nejayote: Agua residual del proceso de nixtamalización, con el que se obtiene la masa para hacer tortillas.

Desperdicios de frutas: Desechos orgánicos generados de la agricultura y distintas industrias como las de los jugos, un ejemplo sería el mango.

Lactosuero: Residuo producido en la fabricación de quesos y mantequilla.

Melaza: Subproducto de la cristalización del azúcar en los ingenios azucareros.

Hidrolizados lignocelulósicos: Materiales compuestos principalmente de celulosa, provenientes de fuentes vegetales como el bagazo de agave de la industria tequilera, tratados con ácido para obtener azúcares [3].

Estos residuos pueden ser utilizados como alimento por las bacterias productoras de PHA, ya que funcionan como una fuente de carbono esencial para su crecimiento y para la producción del bioplástico.

En 1926, Maurice Lemoigne encontró que ciertas bacterias, por ejemplo: *Cupriavidus necator*, acumulaban gránulos en su interior. Posteriormente, fueron extraídos y analizados, identificando dentro de ellos polímeros, ahora conocidos como PHA. Los polímeros son moléculas formadas la repetición de unidades más pequeñas llamadas monómeros, similares a una cadena compuesta por muchos eslabones. Los polímeros de PHA tienen un comportamiento similar al propileno, que es el plástico derivado del petróleo del que se hacen algunas botellas como en las que vienen los medicamentos. Las bacterias que acumulan estos bioplásticos se pueden identificar utilizando una tinción especial y observándolas bajo luz ultravioleta (Figura 1). Estas bacterias también se pueden observar con un Microscopio de transmisión electrónica, que utiliza un haz de electrones para ver estructuras muy pequeñas, con el que se alcanzan a apreciar estos granitos de polímero adentro de las células (Figura 2).

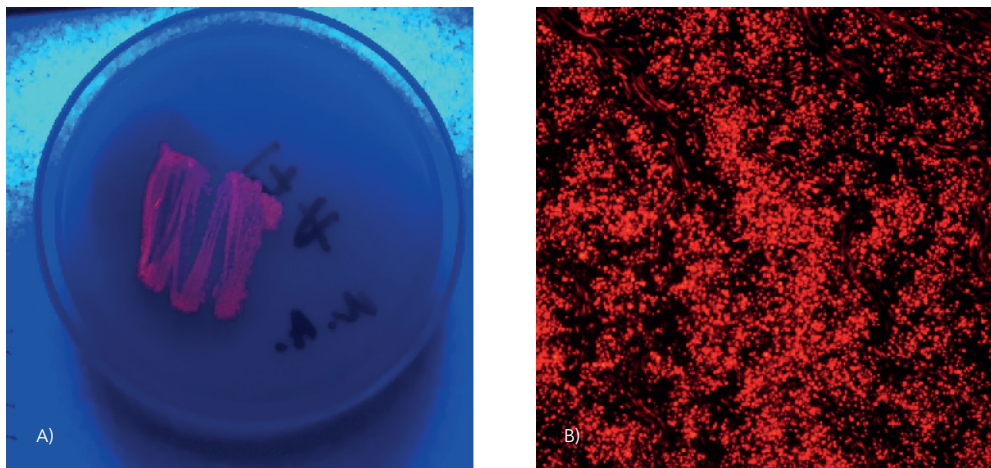


Figura 1. Tinción con azul de Nilo para visualizar *Stenotrophomonas rhizophila*, cuya fluorescencia confirma la presencia de PHA.

A) Observación de la cepa bacteriana bajo luz ultravioleta en caja Petri. B) Observación de células teñidas bajo microscopio X100. Elaboración propia.

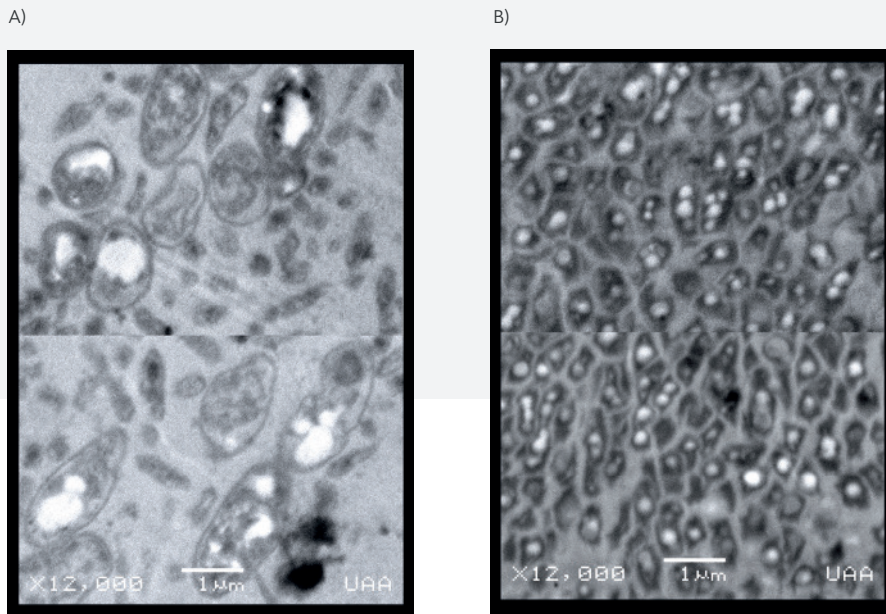


Figura 2. Microscopía de Transmisión Electrónica. Se observan gránulos de PHA en distintas bacterias. (A) *Achromobacter mucicolens* B) *Stenotrophomonas rhizophila*. Elaboración propia.

Para que las bacterias sean capaces de producir y acumular el PHA dentro de sus células deben cultivarse bajo condiciones específicas, especialmente deben tener un exceso de fuente carbono, es decir tener mucha disponibilidad de alimento. Imagínate que estás a dieta, entonces no podrías acumular grasa, pero si comes mucho pan, pasteles y golosinas empezarías a acumular grasas como reserva. Lo mismo sucede con este tipo de bacterias, si tienen un exceso de carbono en su medio lo acumulan en forma de gránulos intracelulares de PHA. Para lograr esto, debemos formular correctamente el medio de cultivo, en el que crecen las bacterias, con los nutrientes que necesitan, y esto se hace utilizando los diferentes residuos, como: bagazo de agave, nejayote, desechos de frutas y de la industria láctea [3].

Una vez que las bacterias están "gorditas" porque acumularon el PHA en su interior (intracelularmente), debemos extraerlo. Para conseguir esto, se rompen las células bacterianas para liberar los granitos del bioplástico. Hay distintas técnicas para lograrlo como someter las bacterias a alta presión o añadirles algún solvente, como cloroformo. Estos métodos hacen que la membrana de las células se rompa y disuelven el PHA, después se separa por evaporación del solvente y se obtiene el bioplástico (Figura 3) que puede ser utilizado como materia prima para fabricar diferentes productos, entre los que destacan suturas médicas y envases [3].

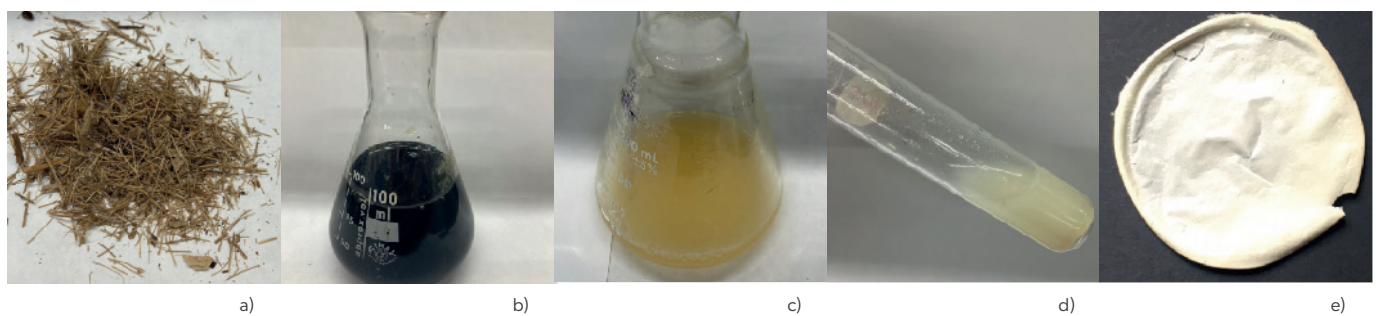


Figura 3. Producción de PHA: A) Bagazo de agave, B) Hidrolizado de bagazo de agave, C) Fermentación para la producción de PHA, D) Extracción con cloroformo para la obtención de PHA, E) Membrana de PHA. Elaboración propia.

La producción de bioplásticos a partir de residuos orgánicos ofrece numerosos beneficios:

Reducción de residuos: Disminuye la cantidad de basura en vertederos y océanos.

Sostenibilidad: Utiliza fuentes renovables y reduce la dependencia de plásticos derivados del petróleo.

Biodegradabilidad y biocompatibilidad: Los bioplásticos son amigables con el medio ambiente y la salud humana [3].

Sin embargo, en la actualidad existen varios desafíos para lograr implementar su producción industrial, entre los que destacan:

Costos de producción: La producción de bioplásticos es más costosa que la de plásticos derivados del petróleo. Siendo uno de sus principales costos el medio de cultivo, por lo que el uso de residuos para formular dichos medios de cultivo podría ser una excelente alternativa que está siendo explorada [4].

Eficiencia de procesos: ya que deben buscarse nuevas estrategias, entre las que destacan el uso de bacterias más eficientes que tengan mejores rendimientos, utilización de distintos biorreactores como el airlift, que utiliza un proceso de agitación neumática, es decir, que se mueve con aire; gastando menos energía y la implementación de cultivos de alta densidad que produzcan mayores cantidades de PHA.

En conclusión, la valorización de residuos orgánicos para la producción de bioplásticos es una alternativa innovadora y sostenible para los problemas de residuos y contaminación del ambiente por los mismos. A través del uso de bacterias productoras de PHA, podemos transformar los residuos orgánicos en un recurso valioso, creando un ciclo de producción que beneficia al medio ambiente y a la sociedad. A medida que se superen los desafíos y se mejore la tecnología, los bioplásticos podrían desempeñar un papel crucial en la construcción de un futuro.

Referencias bibliográficas

- [1] Vázquez-Rodríguez, G. A. (2023). La acción comunitaria contra la “basurización” de Hidalgo, México. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (34), 162-179. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.34.2023.5960>
- [2] Hernández Camarero, M. (2023). Reflexiones desde el psicoanálisis a los retos ambientales de hoy. A propósito del libro *Desafíos y perspectivas de la situación ambiental en el Perú*. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y medio ambiente*, (11). <http://dx.doi.org/10.18800/kawsaypacha.202203.r001>
- [3] Clifton-García, B., González-Reynoso, O., Robledo-Ortiz, J. R., Villafaña-Rojas, J., & González-García, Y. (2020). Forest soil bacteria able to produce homo and copolymers of polyhydroxyalkanoates from several pure and waste carbon sources. *Letters in applied microbiology*, 70(4), 300-309. <https://doi.org/10.1111/lam.13272>
- [4] Guancha, M. A., Realpe-Delgado, M. E., & García-Celis, J. (2022). Obtención polihidroxialcanoatos (PHA) a partir de biomasa lignocelulósica: un estudio de revisión. *Informador Técnico*, 86(1), 111-135. <https://doi.org/10.23850/22565035.3692>