

Creando bioplásticos a través de la Biología Sintética: de sustituir plásticos en la Tierra a la conquista de Marte

Barboza-Corona^{1,2*} JE, Pérez-Zavala ML³, Mendoza-Acosta MF¹, Casados-Vázquez LE^{1,2,4}

*Posgrado en Biociencias¹ | Departamento de Alimentos² |
Departamento de Agronomía³ | Universidad de Guanajuato
| Investigadores por México, SECIHIT⁴.*

Los plásticos que tradicionalmente usamos son derivados del petróleo y representan ventas millonarias a nivel mundial. Solo en los Estados Unidos se reportaron ventas de este tipo de materiales por 625 mil millones de dólares durante el 2023 (1). Lamentablemente, los plásticos son una fuente de contaminación en la Tierra, ya que son difícilmente degradados, y durante su producción se generan gases que contribuyen al efecto invernadero, y por lo tanto al incremento de la temperatura. Los plásticos pueden tardar años en descomponerse, desde 55, 100, hasta 500, como sucede con las bolsas, popotes y botellas de PET, respectivamente. A pesar de los grandes esfuerzos que se hacen para reciclarlos, esto no ha sido suficiente ya que se siguen encontrando en grandes cantidades en el ambiente, por ejemplo, en los mares (2). Por lo anterior, resulta imprescindible buscar opciones que ayuden a disminuir paulatinamente la producción y uso de los plásticos derivados del petróleo, y que se refleje en un aminoramiento de la contaminación ambiental.

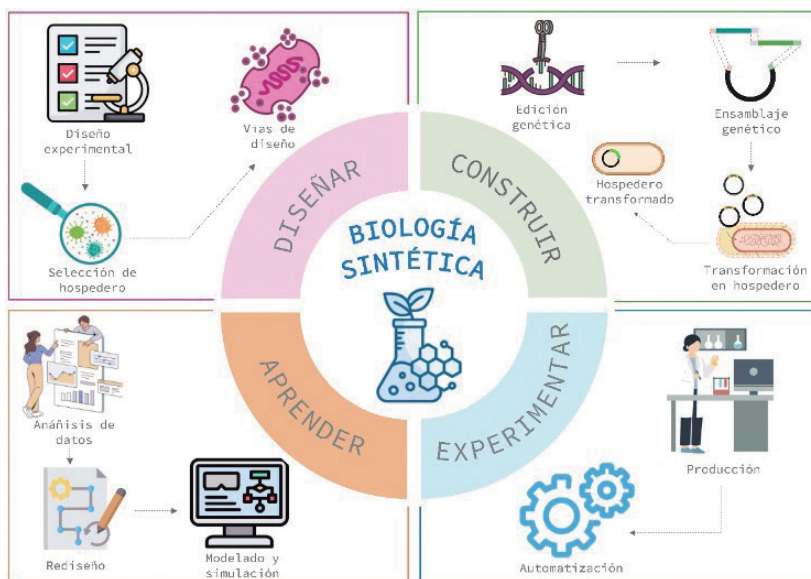
Una alternativa para sustituir los plásticos en la Tierra, es usar materiales que tengan propiedades parecidas, que sean biodegradables y que sean producidos por microorganismos, o bien elaborados a partir de extractos obtenidos de diversos materiales biológicos. Estos productos reciben el nombre de bioplásticos y son polímeros formados por unidades repetitivas de diferentes moléculas (monómeros), como el ácido poliláctico (PLA) o los polihidroxialcanoatos (PHA). Los bioplásticos son generados de materiales biológicos (microorganismos, plantas, hongos), y pueden ser biodegradables o no degradables. Los polímeros que conforman los bioplásticos pueden ser polimerizados de manera química, por ejemplo, uniendo unidades de ácido poliláctico (PLA), o bien extraídos químicamente como el almidón y la celulosa que son obtenidos de la papa y

maíz. Asimismo, polímeros como el polihidroxialcanoato (PHA) pueden ser producidos en microorganismos nativos o diseñados mediante ingeniería. Los bioplásticos biodegradables contribuyen a reducir la huella de carbono. Por otro lado, a diferencia de los bioplásticos, los plásticos tradicionales, es decir que son obtenidos como derivados del petróleo, no se producen a partir de sistemas biológicos, pero también son muy resistentes y se obtienen de manera sintética o semisintética. Entre los ejemplos de monómeros que componen estos plásticos se encuentran el tereftalato de polietileno (PET), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS), polietileno (PE) y polipropileno (PP) (3, 4).

La producción mundial de bioplásticos es de aproximadamente 1% del total de plástico total producido anualmente; se estima que en el 2024 se produjeron casi 2.5 millones de toneladas. En la Tierra, el uso de bioplásticos va en aumento, y se considera que en el 2031 alcanzarán ventas 32.61 millones de dólares a nivel mundial (5). Los bioplásticos tiene múltiples usos, similares a los plásticos derivados de combustibles fósiles, tales como en la elaboración de empaques, productos para la cocina (cucharas, tenedores, platos, etc.), en la agricultura (macetas, películas de protección), y en la producción de dispositivos electrónicos (teclados, teléfonos, computadoras), entre otros (6).

En la naturaleza existen bacterias como *Priestia megaterium*, las cuales producen bioplásticos (7); sin embargo, se pueden diseñar, construir y programar microorganismos que puedan aumentar la producción, que se puedan adaptar a condiciones ambientales específicas y escalar su producción para llegar a nivel industrial para su comercialización. Lo anterior, lo podemos lograr a través de Biología sintética, en la cual se aplica la Ingeniería a la Biología (Ingeniería Biológica) y se crean sistemas novedosos, no existentes en la naturaleza, o bien se mejoran los que ya existen (Figura 1). Lo anterior es posible porque el código genético está conformado por unos cuantos nucleótidos, los cuales pueden programarse y su comportamiento predecirse como si fuera una computadora (8). Por ejemplo, se pueden diseñar y construir bacterias con la información genética para producir bioplástico modificado, que sea muy resistente y altamente biodegradable, incluso en agua de mar (Figura 2) (9). Este tipo de bioplásticos son una excelente opción, y una alternativa a los plásticos tradicionales que usamos en la Tierra. Además, de las condiciones que existen en la Tierra, las bacterias podrían diseñarse para sobrevivir y producir el bioplástico bajo condiciones muy especiales, tales como temperaturas extremas, baja presión atmosférica, elevada radiación solar y cósmica, y tormentas de polvo, las cuales se encuentran en Marte (10).

Figura 1. Biología Sintética y su conexión con la Ingeniería. La Biología sintética permite crear sistemas biológicos nuevos que no existen en la naturaleza o mejorar los que ya existen. Usa los mismos principios que la ingeniería, donde se diseña, se construye, se experimenta y se aprende. La experimentación y el aprendizaje puede conducir a la creación de un sistema biológico con una aplicación, por ejemplo, la creación de una bacteria que sintetiza bioplásticos super resistentes y biodegradables, cuyo producto (bioplástico) pudiera comercializarse. Figura propia creada en BioRender (HA28MS5Z43).



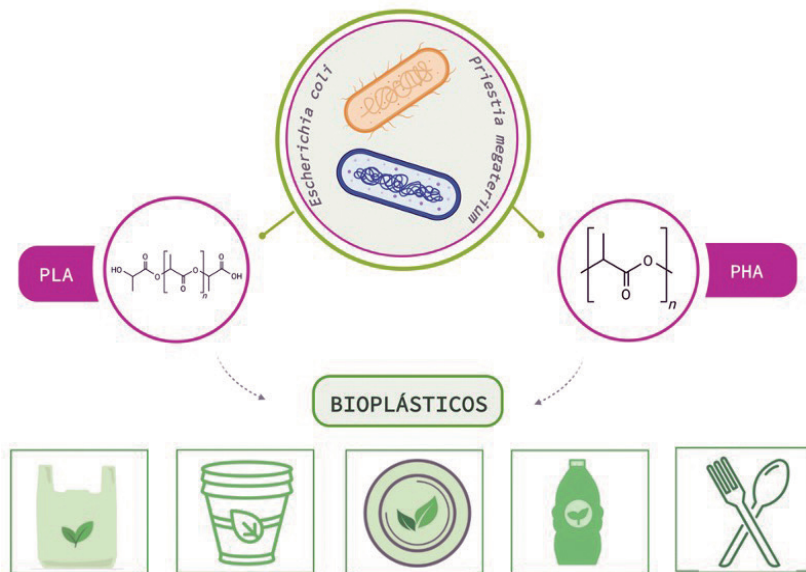


Figura 2. Producción de bioplásticos a partir de microorganismos mediante biología sintética. Microorganismos como *Escherichia coli* y *Priestia megaterium* pueden ser diseñados y mejorados genéticamente para sintetizar polímeros como el ácido poliláctico (PLA) y los polihidroxicanoatos (PHA). Estos biopolímeros se obtienen como materiales base que pueden ser procesados para fabricar productos biodegradables que pueden sustituir al plástico. Figura propia creada en BioRender (BM28MSL40Q).

La conquista del espacio siempre ha sido un sueño para la humanidad, y los avances tecnológicos que logramos en la Tierra pueden dar el soporte para hacer habitables otros planetas. En este sentido, Marte se perfila como un planeta en el cual se pueden crear las condiciones para hacerlo habitable y colonizarlo. Este planeta no carece totalmente de recursos, ya que contiene agua almacenada en la forma de casquetes polares. Además, tiene nitrógeno, bióxido de carbono, y trazas de oxígeno y metano. Para hacerlo habitable a través de la biología sintética primero deben crearse condiciones que sean similares a las de la Tierra para que plantas y animales puedan establecerse. Se tendrán que desarrollar plantas con altos rendimientos, que usen poca agua, soporten el frío y puedan usar la poca radiación solar que llega al planeta. Se deben obtener biomateriales que permitan construcciones en las cuales se pueda vivir y nos protejan de la radiación solar. Los biomateriales, en este caso bioplásticos, pueden ser creados por hongos o bien por bacterias diseñadas y construidas para producir altos rendimientos de bioplásticos, muy resistente, donde el microorganismo pueda usar como sustratos compuestos fácil de obtener, como los desechos de los seres humano (Figura 3) (11,12).



Figura 3. Los bioplásticos generados por microorganismos diseñados por Biología sintética y diseñados para resistir las condiciones ambientales en Marte, pueden ser usados para construir estructuras que sirvan para vivir en ellas, protegiéndonos de las radiaciones solares, del frío y que puedan servir de invernaderos para la producción de plantas. Figura propia diseñada con Meta AI.

CONCLUSIONES

Los plásticos derivados del petróleo contaminan, ríos, mares, suelos, y tardan muchos años en descomponerse. Los bioplásticos biodegradables generados de diferentes materiales biológicos, pueden ayudar a disminuir la huella de carbono, y en consecuencia la contaminación ambiental en la Tierra. La Biología sintética, es una opción para crear bioplásticos novedosos en microorganismos, que sean resistentes y biodegradables, los cuales puedan producirse de manera sencilla en la Tierra mediante procesos sustentables. Adicionalmente para diseñar microorganismos que produzcan bioplásticos, que puedan sobrevivir en las condiciones extremas de un planeta como Marte.

REFERENCIAS

- [1] Long, M.S. (2025). *The future of bioplastic production requires targeted collaboration and coordination*. <https://www.synbiobeta.com/read/the-future-of-bioplastic-production-requires-targeted-collaboration-and-coordination>. Recuperado el 13 de mayo de 2025.
- [2] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de México (2018) *Océanos inundados de plástico*. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/oceanos-inundados-de-plastico>. Recuperado el 13 de mayo de 2025.
- [3] Atiweh, G., Mikhael, A., Parrish, C.C., Banoub, J., & Le, T.T. (2021). Environmental impact of bioplastic use: A review. *Heliyon*, 7(9):e07918. doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07918.
- [4] Rosenboom, J.G., Langer, R., & Traverso, G. (2022). Bioplastics for a circular economy. *Nature Review Materials*, 7(2):117-137. doi: 10.1038/s41578-021-00407-8.
- [5] Kings Research (2025). Mercado de plásticos biodegradables. <https://www.kingsresearch.com/es/biodegradable-plastics-market-1289>. Consultado el 12 de agosto de 2025.
- [6] PBPC, Plant based Products Council. (2025). The diverse uses of bioplastics. <https://pbpc.com/diverse-uses-of-bioplastics/>. Consultado el 12 de agosto de 2025.
- [7] Cal, A.J., Chan, V.J., Luo, W.K., & Lee, C.C. (2025). Polyhydroxyalkanoate production in *Priestia megaterium* strains from glycerol feedstock. *PLoS One*, 20(4), e0322838. doi: 10.1371/journal.pone.0322838.
- [8] Barboza-Pérez, U.E., Pérez-Zavala, M.L., & Barboza-Corona, J.E. (2025). Synthetic biology in Mexico: brief history, current landscape, and perspectives towards a bio-based economy. *Engineering Biology*. <https://doi.org/10.1049/enb2.12037>.
- [9] Koh, S., Furutate, S., Imai, Y., Kanda, T., Tanaka, S., Tominaga, Y., Sato, S., & Taguchi, S. (2024). Microbial platform for tailor-made production of biodegradable polylactide modifier: Ultra-high-molecular-weight lactate-based polyester LAHB. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 12(16), 6145-6156. doi: 10.1021/acssuschemeng.3c07662
- [10] Pla García, J. (2017). Meteorología marciana. Estaciones meteorológicas españolas en Marte. *Revista de Astrobiología*, 4: 4-11. <https://cab.inta-csic.es/wp-content/uploads/2020/09/20171213132802.pdf>
- [11] SynBiobeta (2018). *Farming on Mars: A future for Synthetic Biology off earth*. <https://www.synbiobeta.com/read/farming-on-mars-a-future-for-synthetic-biology-off-earth>. Recuperado el 13 de mayo de 2025
- [12] SynBiobeta (2018). *Moving to Mars? Biomaterials point way*. <https://www.synbiobeta.com/read/moving-to-mars-biomaterials-point-the-way>. Recuperado el 13 de mayo de 2025.