



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), Noviembre-Diciembre 2025,  
Volumen 9, Número 6.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i6](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i6)

## **BIODEGRADACIÓN DE MICROPLÁSTICOS DE PET CON BACTERIAS**

**BIODEGRADATION OF PET MICROPLASTICS BY BACTERIA**

**Martha Julieta Alvarez Mendoza**

Facultad de Ingeniería Química.

**José Carlos Mendoza Hernández**

Facultad de Ingeniería Química.

## Biodegradación de microplásticos de PET con bacterias

**Martha Julieta Alvarez Mendoza<sup>1</sup>**

[martha.alvarezme@alumno.buap.mx](mailto:martha.alvarezme@alumno.buap.mx)

<https://orcid.org/0009-0007-6551-6146>

Facultad de Ingeniería Química.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,

México

**José Carlos Mendoza Hernández**

[josecarlos.mendoza@correo.buap.mx](mailto:josecarlos.mendoza@correo.buap.mx)

<https://orcid.org/0000-0003-2539-8177>

Facultad de Ingeniería Química.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,

México

### RESUMEN

La contaminación por microplásticos, especialmente de PET, representa un desafío ambiental creciente debido a su persistencia y capacidad para transportar contaminantes tóxicos. Su presencia en ecosistemas acuáticos y terrestres afecta a diversas especies, desde organismos pequeños hasta grandes mamíferos, causando daños físicos, bioacumulación de sustancias químicas peligrosas, y alteraciones en los procesos ecológicos fundamentales. En este trabajo, se evaluó la capacidad de diferentes bacterias como *E. coli*, *C. freundii*, *P. vulgaris* y *E. aerogenes* para biodegradar microplásticos de PET en condiciones controladas. Los resultados mostraron que las cepas cultivadas en caldo Luria-Bertani (LB) alcanzaron porcentajes de biodegradación promedio superiores al 70 %, con valores entre 59.10 % y 81.80 %, mientras que en el medio mínimo mineral (MMM) superaron el 90 %, con un rango de 87.20 % a 94.70 %, evidenciando una mayor eficiencia en este último. Estos hallazgos indican que ciertos microorganismos, tanto aislados como en consorcio, poseen un alto potencial para biodegradar plásticos. La utilización de microorganismos en modelos de biorremediación ofrece una estrategia ecológica y eficiente para disminuir la presencia de microplásticos, contribuyendo a la protección ambiental y a la salud pública mediante estrategias biotecnológicas sostenibles.

**Palabras clave:** microplásticos, PET, biorremediación, microorganismos, contaminación plástica

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [martha.alvarezme@alumno.buap.mx](mailto:martha.alvarezme@alumno.buap.mx)

## Biodegradation of pet microplastics by bacteria

### ABSTRACT

Microplastic pollution, especially from PET, represents an increasing environmental challenge due to its persistence and its ability to transport toxic contaminants. Its presence in aquatic and terrestrial ecosystems affects a wide range of species from small organisms to large mammals causing physical damage, bioaccumulation of hazardous chemicals, and disruptions to fundamental ecological processes. In this study, the ability of different bacterial strains, including *E. coli*, *C. freundii*, *P. vulgaris*, and *E. aerogenes*, to biodegrade PET microplastics under controlled conditions was evaluated. The results showed that the strains cultivated in Luria-Bertani (LB) broth reached average biodegradation percentages above 70%, with values ranging from 59.10% to 81.80%, while those grown in mineral minimal medium (MMM) exceeded 90%, ranging from 87.20% to 94.70%, demonstrating higher efficiency in the latter. These findings indicate that certain microorganisms, both individually and in consortium, possess a strong potential to biodegrade plastics. The use of microorganisms in bioremediation models offers an ecological and efficient strategy to reduce the presence of microplastics, contributing to environmental protection and public health through sustainable biotechnological approaches.

**Keywords:** microplastics, PET, bioremediation, microorganisms, plastic pollution

*Artículo recibido 10 septiembre 2025*

*Aceptado para publicación: 15 octubre 2025*



## INTRODUCCIÓN

La creciente contaminación por plásticos, en particular por microplásticos derivados del poliéster tereftalato de etileno (PET), constituye una de las amenazas ambientales más urgentes de la actualidad (Browne, 2007). Los microplásticos de PET se encuentran en el aire que respiramos, el agua que bebemos y los alimentos que consumimos, son omnipresentes, y debido a su persistencia en los ecosistemas acuáticos y terrestres pueden acumularse en la biota liberando sustancias tóxicas que alteran procesos ecológicos esenciales (Choy, 2019). Las técnicas convencionales de gestión de residuos plásticos, como reciclaje mecánico o la disposición en rellenos sanitarios, resultan ineficientes para degradar completamente estos microplásticos, cuya degradación se ve limitada por factores económicos, ambientales y por la alta resistencia del polímero PET.

Ante este panorama, ha aumentado el interés en el desarrollo de estrategias biotecnológicas basadas en la biodegradación microbiana, orientadas a reducir la carga ambiental del PET y mitigar sus efectos adversos. Se ha documentado que los microplásticos afectan la biodiversidad y la calidad de los suelos. Además, interfieren en procesos globales como el secuestro oceánico de carbono, al alterar el plancton y la bomba de carbono biológica, lo que disminuye la capacidad de los océanos para absorber CO<sub>2</sub> (Comas, 2022). En el ámbito de la salud pública, se ha comprobado que los microplásticos pueden ingresar al organismo humano a través de la cadena alimentaria y acumularse en diversos órganos, provocando inflamación, daño al ADN, toxicidad, trombosis cerebral y alteraciones neurológicas, lo que incrementa el riesgo de enfermedades cardiovasculares y crónicas ((Coll, 2025), (Mallapaty, 2025), (Huang, 2025), (Alpañés, 2025)).

Diversos estudios han identificado microorganismos con capacidad para hidrolizar PET mediante enzimas específicas como PETasa y MHETasa. En *Ideonella sakaiensis*, la expresión de los genes que codifican estas enzimas se regula por la presencia de PET o de sus productos intermedios como el ácido tereftálico (TPA), lo que demuestra su adaptación metabólica a estos sustratos (Tanaka, 2024). La PETasa modificada (IsPETasa) presenta una eficiencia 3,3 veces superior a la silvestre (Sevilla, 2023), mientras que *I. sakaiensis* logró reducir más del 50 % de láminas de PET comercial en siete semanas (Walter, 2022). Asimismo, la expresión extracelular de PETasa en *E. coli* incrementó significativamente la eficiencia de degradación (Shi L., 2021). Estos avances confirman que, aunque la biodegradación del



PET es un proceso lento, resulta viable bajo condiciones adecuadas y con el uso de cepas bacterianas específicas.

El objetivo del trabajo fue evaluar la biodegradación de microplásticos PET, con cepas bacterianas aisladas de cuerpos de agua y suelos contaminados con hidrocarburos, de manera independiente y mediante consorcios microbianos, para buscar soluciones sostenibles en la eliminación de estos.

## **METODOLOGÍA**

Para la preparación de los microplásticos, se rallaron botellas y envases de plástico de tipo PET (No. 1) hasta obtener partículas de tamaño reducido, las cuales se tamizaron para asegurar uniformidad en sus dimensiones y fueran de menos de cinco milímetros.

### **Aislamiento de bacterias**

Las bacterias empleadas en el estudio se aislaron de muestras de agua y suelo recolectadas en diferentes zonas de Puebla, México, con coordenadas 19°02'03.8"N 98°10'24.5"W (Agua del Río Alseseca); 19°00'13.9"N 98°12'16.9"W (Agua de Laguna de CU BUAP); 18°59'42.4" N, 98°11'57.3" W (lixiviados del contenedor de residuos plásticos del centro de acopio BUAP); 18°59'42.4" N, 98°11'57.6" W (Polvo de los contenedores de residuos plásticos del centro de acopio BUAP); 18°58'21.7"N 98°07'54.7"W (Suelo cercano a un Relleno Sanitario) y 18°59'49.1"N 98°10'29.5"W (Suelo de un centro de acopio de residuos plásticos). Seleccionadas por su exposición a residuos plásticos. Para favorecer el crecimiento microbiano, las muestras se cultivaron previamente en matraces con caldo Luria-Bertani (LB) con microplásticos. Posteriormente, el aislamiento de las bacterias se realizó en medios Agar King, MacConkey y Nutritivo, se observaron y seleccionaron las colonias con características morfológicas diferentes.

### **Generación de inóculo**

Las cepas bacterianas aisladas se cultivaron en caldo Luria-Bertani (LB) durante 48h a 30°C, una vez transcurrido el tiempo, se centrifugaron a 8000 rpm durante 15 minutos y el pellet fue resuspendido en medio mínimo mineral (MMM) ajustando la absorbancia a 0.5 a 600 nm para lograr tener aproximadamente  $1 \times 10^9$  UFC/mL<sup>-1</sup>.



## Selección de cepas con capacidad de biodegradación del PET

Para evaluar la capacidad de biodegradación, se colocaron en tubos de 5 mL de LB, 500µL de suspensión bacteriana y 0.1 g de microplásticos de PET, incubados a 30 °C con agitación diaria durante 42 días. Los microplásticos fueron filtrados mediante papel filtro previamente secado y pesado, y posteriormente se determinó la pérdida de masa para cuantificar la biodegradación. La reducción del peso de los microplásticos indicó distintas capacidades de degradación, clasificadas como baja, moderada o alta. Se seleccionaron 14 cepas con mayor potencial.

## Biodegradación del PET

El ensayo se desarrolló bajo un diseño experimental por bloques al azar con caldo LB (B1 control sin inóculo, B2 al B11 con las cepas individuales y del B12 al B14 con consorcios bacterianos) con MMM (B15 control sin inóculo, B16 al B25 con las cepas individuales y del B26 al B28 con consorcios bacterianos), por triplicado. A cada tubo se adicionaron 0.1 g de microplásticos de PET y 1 mL de inóculo. Las muestras se incubaron a 30 °C durante dos meses, se reinocularon con 1 mL adicional y se mantuvieron un mes más. La biodegradación se determinó mediante análisis gravimétrico, comparando el peso seco inicial y final de los microplásticos para calcular el porcentaje de degradación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cepas aisladas e identificadas correspondieron a los géneros *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii*, *Proteus vulgaris*, y *Enterobacter aerogenes*, de las cuales se formaron los consorcios de acuerdo a su capacidad de degradación en ensayos preliminares y que no presentaran un antagonismo como se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Consorcios bacterianos para la biodegradación de microplásticos.

	Cepa	Género
<b>Consorcio 1</b>	MN6-C	<i>E. coli</i>
	MM5-O	<i>C. freundii</i>
	MN4-2	<i>E. coli</i>
<b>Consorcio 2</b>	MK6-1	<i>E. coli</i>
	MM3-S	<i>P. vulgaris</i>

	MM6-3	<i>C. freundii</i>
<b>Consorcio 3</b>	MM4-1	<i>E. coli</i>
	MN2	<i>E. coli</i>
	MN6-A	<i>E. coli</i>
	MM3-T	<i>C. freundii</i>

### Identificación y caracterización de bacterias con capacidad para degradar PET

Los resultados obtenidos evidencian una elevada capacidad de biodegradación de PET por parte de las cepas bacterianas aisladas, especialmente en el medio mínimo mineral (MMM), donde los consorcios alcanzaron valores superiores al 90 % (Tabla 2). Este comportamiento puede atribuirse a la presión metabólica generada por la limitada disponibilidad de nutrientes, que induce a las bacterias a emplear el PET como fuente alternativa de carbono. Entre los consorcios evaluados, el consorcio 3, integrado por *E. coli* (MM4-1, MN2, MN6-A) y *C. freundii* (MM3-T), fue el más eficiente, alcanzando un 98.2 % de degradación y un promedio general de 94.7 %. Este resultado sugiere un efecto sinérgico entre cepas compatibles, donde la cooperación metabólica y la producción conjunta de enzimas degradadoras incrementan la eficiencia del proceso (Qi, 2021).

**Tabla 2.** Comparación promedio de biodegradación de PET en MMM y LB.

Cepa / Consorcio	MMM (%) Promedio $\pm$ DE	LB (%) Promedio $\pm$ DE
<b>Consorcio 3</b>	<b>94,73% <math>\pm</math> 3.04</b>	77,10% $\pm$ 4.43
<b>Consorcio 1</b>	94,10% $\pm$ 0.90	<b>81,77% <math>\pm</math> 3.62</b>
<i>C. freundii</i> MM6-3	92,83% $\pm$ 2.87	67,90% $\pm$ 5.03
Consorcio 2	92,40% $\pm$ 0.40	80,93% $\pm$ 0.85
<i>E. coli</i> MN6-A	92,10% $\pm$ 3.21	73,40% $\pm$ 7.36
<i>E. coli</i> MK6-1	91,73% $\pm$ 2.77	63,90% $\pm$ 6.62
<i>E. coli</i> MN2	91,67% $\pm$ 0.83	59,07% $\pm$ 2.76

<i>C. freundii</i> MM5-O	91,47% $\pm$ 0.46	67,10% $\pm$ 6.56
<i>C. freundii</i> MM3-T	91,40% $\pm$ 0.70	66,60% $\pm$ 5.01
<i>E. coli</i> MN4-2	91,33% $\pm$ 2.03	63,93% $\pm$ 6.22
<i>E. coli</i> MN6-C	91,23% $\pm$ 0.60	77,53% $\pm$ 0.51
<i>E. coli</i> MM4-1	89,43% $\pm$ 2.40	66,23% $\pm$ 6.80
<i>P. vulgaris</i> MM3-S	87,20% $\pm$ 3.60	73,20% $\pm$ 6.03

La mayor eficiencia observada en el medio mínimo mineral (MMM), en comparación con el caldo LB, coincide con diversos estudios que señalan que la limitación de nutrientes incrementa la presión metabólica y favorece la degradación de polímeros recalcitrantes como el PET (Yoshida, 2016). Bajo estas condiciones, las bacterias dirigen su metabolismo hacia fuentes alternativas de carbono, incrementando la expresión y liberación de enzimas extracelulares como PETasa y MHETasa, responsables de la hidrólisis inicial del polímero. Estos procesos generan intermediarios como ácido tereftálico (TPA) y etilenglicol (EG), los cuales pueden ingresar a rutas centrales como el ciclo de Krebs o la glucólisis, según el microorganismo implicado (Heris, 2025); (Wei, 2017).

La caracterización de estos productos de degradación es fundamental, pues confirma la ruta metabólica implicada y permite diferenciar entre una simple erosión superficial del polímero y una biodegradación real. Diversos autores han demostrado que, tras la acción de PETasas y MHETasas, los monómeros liberados principalmente TPA y EG pueden transformarse en compuestos no tóxicos como CO<sub>2</sub>, agua y biomasa microbiana, lo que indica una mineralización parcial o completa (Yoshida, 2016); (Wei, 2017). La elevada actividad observada en este estudio concuerda con estos mecanismos, lo que sugiere que las cepas evaluadas no sólo fragmentan el polímero, sino que también poseen las vías metabólicas necesarias para procesar los productos resultantes, reforzando su potencial para aplicaciones de biorremediación.

En conjunto, los resultados obtenidos confirman el alto potencial biotecnológico de las cepas aisladas para la biorremediación de microplásticos de PET. La integración de consorcios bacterianos y el empleo de medios con disponibilidad limitada de nutrientes demostraron ser estrategias efectivas para



maximizar la actividad degradativa bajo condiciones controladas. Estas características, sumadas a la capacidad observada para transformar el PET en productos no tóxicos, evidencian que los microorganismos evaluados constituyen candidatos prometedores para el desarrollo de tecnologías sostenibles orientadas al tratamiento de residuos plásticos.

## CONCLUSION

Los hallazgos de este estudio evidencian la viabilidad de emplear microorganismos en procesos de biorremediación de microplásticos de PET, particularmente mediante el uso de consorcios bacterianos y medios con disponibilidad limitada de nutrientes. Estos resultados respaldan el desarrollo de estrategias biotecnológicas sostenibles orientadas a reducir la persistencia del PET en el ambiente y contribuir a la mitigación de la contaminación plástica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alpañés, E. (2025, febrero 3). *Así se acumulan los microplásticos en el cuerpo: más en el cerebro y menos en el hígado*. El País. <https://elpais.com/salud-y-bienestar/2025-02-03/asi-se-acumulan-los-microplasticos-en-el-cuerpo-mas-en-el-cerebro-y-menos-en-el-higado.html>
- Browne, M. A. (2007). Microplastic—An emerging contaminant of potential concern. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 3(4), 559–561. <https://doi.org/10.1002/ieam.5630030412>
- Coll, B. (2025, marzo 11). *El riesgo de vivir rodeados de microplásticos: “Pueden acceder al torrente sanguíneo y distribuirse por diferentes órganos”*. El País. <https://elpais.com/salud-y-bienestar/2025-03-11/el-riesgo-de-vivir-rodeados-de-microplasticos-pueden-acceder-al-torrente-sanguineo-y-distribuirse-por-diferentes-organos.html>
- Comas García, G. I. (2022). *Análisis de la distribución espacial de la basura marina procedente de grandes ríos en el oeste de la península ibérica* [Trabajo de fin de máster]. Universidad de Cantabria. [https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/26193/2022\\_ComasGarcíaL.pdf](https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/26193/2022_ComasGarcíaL.pdf)
- Choy, C. A., et al. (2019). The vertical distribution and biological transport of marine microplastics across the epipelagic and mesopelagic water column. *Scientific Reports*, 9(1), 7843. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44117-2>



- Heris, Y. S., et al. (2025). Different aspects of bacterial polyethylene terephthalate biodegradation. *Bulletin of the National Research Centre*, 49, 28. <https://doi.org/10.1186/s42269-025-01321-7>
- Huang, H. H., et al. (2025). Microplastics in the bloodstream can induce cerebral thrombosis by causing cell obstruction and lead to neurobehavioral abnormalities. *Science Advances*, 11(4). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adr8243>
- Mallapaty, S. (2025, enero 23). Microplastics block blood flow in the brain, mouse study reveals. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-025-00178-0>
- Qi, X. M., et al. (2021). Evaluation of PET degradation using artificial microbial consortia. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.778828>
- Sevilla, M., Estrada, J., Cortés, J., & Morales, M. (2023). Degradation of PET bottles by an engineered *Ideonella sakaiensis* PETase. *Polymers*, 15(7), 1779. <https://doi.org/10.3390/polym15071779>
- Shi, L., Luo, H., et al. (2021). Enhanced extracellular production of IsPETase in *Escherichia coli* via engineering of the pelB signal peptide. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(7), 2245–2252. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c07469>
- Tanaka, Y., Hara, H., & Oda, M. (2024). Regulation of the expression of MHETase and TPA degradation genes involved in the degradation of PET in *Ideonella sakaiensis*. *FEBS Journal*, 291(20), 4489–4500. <https://doi.org/10.1111/febs.17240>
- Walter, A., & Siflinger, P. (2022). Biodegradation of different PET variants from food containers by *Ideonella sakaiensis*. *Archives of Microbiology*, 204(12). <https://doi.org/10.1007/s00203-022-03306-w>
- Wei, R., & Zimmermann, W. (2017). Microbial enzymes for the recycling of recalcitrant petroleum-based plastics: How far are we? *Microbial Biotechnology*, 10(6), 1308–1322. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12710>
- Yoshida, S., Hiraga, K., et al. (2016). A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate). *Science*, 351(6278), 1196–1199. <https://doi.org/10.1126/science.aad6359>

