

Del PET a combustible: una segunda vida para el plástico

Luis Adrián Vega -Ibarra, ^{1*} José Aarón Melo-Banda, ² Clara Esther Guerrero-Corona³

Introducción

El poli(etilen tereftalato), conocido comúnmente como **PET**, es un polímero obtenido mediante el proceso de polimerización del ácido tereftálico (TPA) y etilenglicol (EG). Se encuentra dentro del grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres y se usa ampliamente por su alta estabilidad térmica, resistencia y maleabilidad en la producción de películas, botellas y fibras. En la actualidad, **cada año se fabrican 380 millones de toneladas de plásticos a nivel mundial**. De los cuales, **70 millones de toneladas corresponden al PET**, que se utilizan para diversos usos.

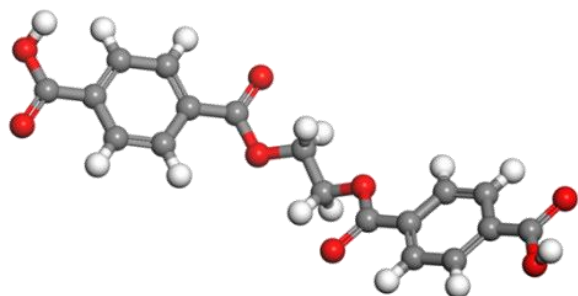


Figura 1. Representación de la estructura química del PET.

Sin embargo, la elevada producción y demanda de plásticos, incluido el PET, es ambientalmente insostenible. Las estrategias convencionales de reciclaje son ineficientes, ya que **menos del 20 % del PET es reciclado**. Este polímero presenta una **alta resistencia a la degradación biológica**, lo que implica que puede permanecer en el ambiente durante décadas o incluso siglos. Como resultado, grandes cantidades de plásticos terminan acumulándose en ecosistemas terrestres y marinos, **generando un impacto ambiental significativo**.

¿Cómo se recicla el PET?

La vía convencional para reutilizar el PET es el **reciclaje mecánico**, que implica procesos físicos como el **triturado, lavado y fundido del plástico**. Desafortunadamente, **este método se asocia con el deterioro de las propiedades de los polímeros**, limitando significativamente su aplicabilidad. Existe una alternativa más eficiente para este proceso, la **despolimerización química**, que incluye principalmente tres grupos: hidrólisis, alcoholólisis y glicólisis. **Lo que ocurre en estas rutas es el**

seccionamiento de la compleja estructura del PET en pequeñas moléculas idénticas con ayuda de un solvente; básicamente es el proceso inverso de cuando se forma el PET. Los principales productos de cada ruta pueden ser ácido tereftálico (TPA), dimetil tereftalato (DMT) y bis (2-hidroxietil) tereftalato (BHT). El subproducto generado de estos procesos es etilenglicol (EG), a excepción de la ruta de glicólisis que solamente se obtiene BHT.

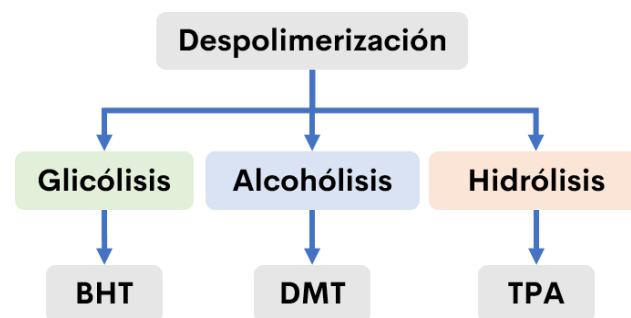


Figura 2. Principales rutas para despolimerización química del PET.

Del plástico a los combustibles

Existen métodos que permiten **convertir los residuos plásticos**, como el PET, en **combustibles similares a la gasolina, el diésel o la turbosina**. Entre ellos se encuentran procesos como el **craqueo catalítico** y la **pirolisis**, que funcionan básicamente aplicando temperaturas muy altas, desde los **400 hasta los 900 °C**. Estas técnicas rompen las moléculas del plástico de forma desordenada debido al calor, lo que da como resultado una **mezcla compleja de gases, líquidos y residuos sólidos** (coque). Por lo tanto, es fundamental desarrollar tecnologías que puedan utilizar de manera eficiente este tipo de residuos plásticos.

Nanomateriales al rescate

Entre los nanomateriales se encuentran las **nanopartículas, son sólidos que comprenden en la escala de 1 – 100 nm**. Cuando se usan en el reciclaje del PET, estos nanomateriales pueden hacer que las reacciones ocurran más rápido, a menor temperatura y de forma más eficiente. Estos materiales tienen numerosas ventajas, por su **tamaño en escala nanométrica**, pueden estar completamente dispersos y tener una gran cantidad de sitios activos en los cuales ocurra la reacción. Este punto está

relacionado con la enorme cantidad de área superficial que nos proporciona a comparativa de los materiales que tienen mayor tamaño.

Asimismo, la **composición química** es fundamental para promover reacciones, se han utilizado nanopartículas de óxido de zinc (ZnO), óxido de cerio (CeO₂), óxido de titanio (TiO₂), óxido de silicio (SiO₂) y óxido de cobalto (Co₃O₄). Generalmente se aplican para realizar los procesos de hidrólisis y glicólisis del PET. **De igual manera, podrían aplicarse en procesos avanzados de conversión de residuos de PET.**

Actualmente, se plantea una idea enfocada a la obtención de **combustible líquido y la producción de hidrógeno utilizando nanomateriales**. Este proceso se basa en la despolimerización química, se complementa con la eliminación de oxígeno de las moléculas y la descomposición del etilenglicol para generar un **subproducto gaseoso rico en hidrógeno, metano y monóxido de carbono, similar al gas de síntesis.**

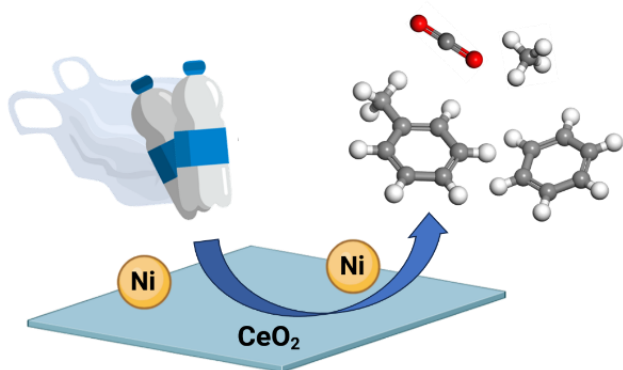


Figura 3. Representación de la conversión del PET en combustible usando catalizadores de níquel y cerio.

El producto líquido se compone principalmente de hidrocarburos cíclicos, mezcla de cicloalcanos y aromáticos libres de azufre o nitrógeno en el mismo rango de la gasolina convencional. Una de las principales ventajas de este proceso son sus altos rendimientos y que se realiza a baja temperatura a comparativa de las vías existentes (pirólisis y craqueo catalítico).

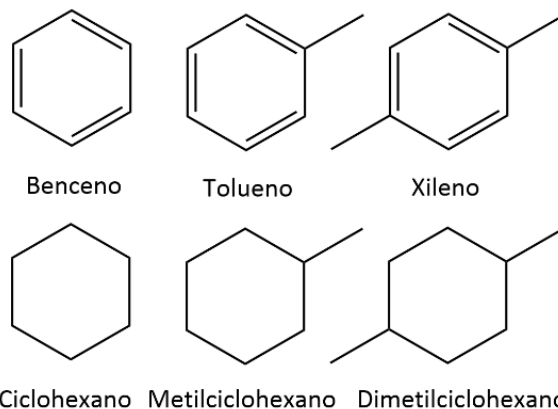


Figura 4. Composición del combustible líquido obtenido del proceso de conversión avanzada del PET.

Conclusiones

El PET, uno de los plásticos más utilizados en el mundo, **representa un desafío ambiental urgente, pero también una oportunidad para innovar**. Si bien las formas tradicionales de reciclaje han sido útiles, ya no son suficientes para enfrentar la gran cantidad de residuos que generamos. Gracias a los **avances en ciencia y tecnología**, especialmente en el uso de nanomateriales, hoy es posible imaginar un nuevo ciclo de vida para el plástico, donde en lugar de contaminar, se convierte en energía. **Apostar por estas soluciones no solo significa cuidar el medio ambiente, sino también construir un futuro más sostenible.**

Palabras clave: plásticos; combustible; reciclaje; nanomateriales; despolimerización.

¹ **Luis Adrián Vega-Ibarra:** Ingeniero en Energía, Maestro en Ciencias en Ingeniería Química, estudiante de Doctorado en Ciencias en Materiales, TecNM, Campus Ciudad Madero, Centro de Investigación en Petroquímica. Áreas de interés: nanocatálisis e hidroprocesamiento.

Contacto: adrian_vibarra@outlook.com

² **José Aarón Melo-Banda:** Doctor en Ciencias en Petroquímica, TecNM, Campus Ciudad Madero, Centro de Investigación en Petroquímica. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel II.

Contacto: aaron.mb@cdmadero.tecnm.mx

³ **Clara Esther Guerrero-Corona:** Ingeniera Petrolera, Maestra en Ciencias en Ingeniería Química, estudiante de Doctorado en Ciencias en Materiales, TecNM, Campus Ciudad Madero, Centro de Investigación en Petroquímica. Áreas de interés: nanocatálisis y biocombustibles.

Contacto: claragro@icloud.com

Lecturas recomendadas

Benyathiar, P., Kumar, P., Carpenter, G., Brace, J., & Mishra, D. K. (2022). Polyethylene terephthalate (PET) bottle-to-bottle recycling for the beverage industry: a review. *Polymers*, 14(12), 2366. <https://doi.org/10.3390/polym14122366>

Du, J. T., Sun, Q., Zeng, X. F., Wang, D., Wang, J. X., & Chen, J. F. (2020). ZnO nanodispersion as pseudohomogeneous catalyst for alcoholysis of polyethylene terephthalate. *Chemical Engineering Science*, 220, 115642. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2020.115642>

Gao, Z., Ma, B., Chen, S., Tian, J., & Zhao, C. (2022). Converting waste PET plastics into automobile fuels and antifreeze components. *Nature Communications*, 13(1), 3343. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-31078-w>

Pineda-DeGyves R.K., Castillo-Rdz R.A., & Carrasco-Torres G. (2024). Nanotecnología: un mundo invisible, *Revista divulgación de Ciencia y Educación*, Redicye, 2 (1), 10-12. <https://redicye.upeg.edu.mx/2024/05/13/nanotecnologia-un-mundo-invisible/>