

Un enfoque termoquímico para el reciclaje sostenible de residuos plásticos postindustriales

Clara María Martínez Jasso ¹, Jiayang Wu ², Sergio A. Gómez Torres ³, George Huber ², Marco A. Sánchez Castillo ^{1,*}

¹ Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P., México.

² Chemical and Biological Engineering, University of Wisconsin-Madison, USA.

³ Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Iztapalapa, Ciudad de México, México.

* Autor de correspondencia: masanchez@uaslp.mx

Desarrollo Sustentable (Economía Circular). Ponencia Presencial.

Recibido: 8 de mayo de 2023

Aceptado: 10 de julio de 2023

Publicado: 23 de noviembre de 2023

Palabras clave: Desarrollo sostenible, Economía circular, Plásticos, Residuos Postindustriales, Pirólisis.

Introducción. La generación de residuos plásticos se incrementa progresivamente. A nivel mundial, al final de las cadenas de valor, ~14% de los plásticos se incineran y ~40% van a rellenos sanitarios, originando graves problemas de contaminación. Surge así la necesidad de estrategias sostenibles que resuelvan la adecuada gestión de los residuos plásticos. Un enfoque es aplicar principios de economía circular al ciclo de vida de los plásticos, con las premisas básicas de usar responsablemente los plásticos, reusarlos múltiples ocasiones y promover el reciclaje de los residuos plásticos por métodos mecánicos o químicos. Para este último propósito se estableció un consorcio internacional, el Multi-University Center on Chemical Upcycling of Waste Plastics (CUWP, <https://cuwp.org/>).

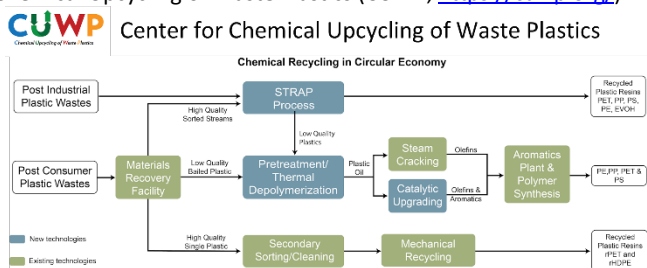


Figura 1 Enfoque del CUWP para la gestión de residuos plásticos.

El CUWP (figura 1) incluye una estrategia para el desarrollo de tecnologías comerciales, estudios técnico-económicos con una perspectiva de inclusión social, acciones de vinculación para escalar las tecnologías a nivel comercial y la divulgación del tema a la sociedad. En este trabajo se documentan los avances técnicos logrados para promover el reciclaje químico de residuos plásticos, a partir de un proceso de descomposición termoquímica que da lugar a la formación de un aceite que, a su vez, se puede valorizar por catálisis heterogénea en olefinas.

Materiales y Métodos. Los residuos plásticos de interés derivan de procesos de manufactura y de la industria automotriz, pero en esta etapa se usaron residuos modelo de polietileno (PE) y propileno (PP). La descomposición de PE, PP y/o de sus mezclas, se llevó a cabo mediante el tratamiento termoquímico de pirólisis, en un reactor de lecho fluidizado (figura 2), en flujo de N_2 , a P_{atm} y de 500 – 600°C. En estas condiciones, la pirólisis generó un aceite cuya composición se caracterizó por Cromatografía de gases uni (1D-GC) y bidimensional (2D-GC). Los gases no condensables se analizaron con un analizador de gas de refinación. En una etapa subsecuente, este aceite se puede valorizar mediante catálisis heterogénea. Para este propósito, en este trabajo se sintetizaron y caracterizaron nanoestructuras a base de ZSM-5 con relaciones Si/Al de 30-80, que fueron modificadas para generar (figura 2): a) nanoestructuras ZSM5 jerárquicas, mediante tratamientos con NaOH y TPA/NaOH; b) nanoestructuras “core-shell” de ZSM-5@silicalita, usando TEOS y TPAOH como precursores de la silicalita; c) nanoestructuras ZSM-5 jerárquicas@silicalita. Así mismo, se evaluó el efecto de la adición de fósforo para ajustar la acidez.

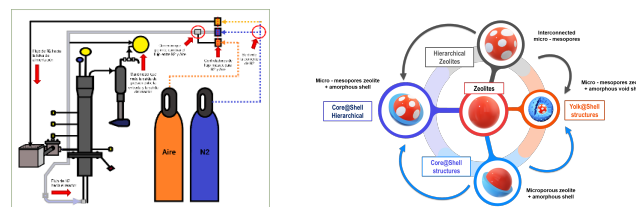


Figura 2 Esquemas del pirolizador y de las nanoestructuras catalíticas sintetizadas

La estructura de los catalizadores se caracterizó por XRD, la composición de fósforo por ICP y la morfología (área superficial y distribución de tamaño de poros) por fisorción de N_2 . La acidez se determinó a partir del espectro de IR de piridina adsorbida en sitios ácidos. El potencial catalítico para la formación de olefinas se determinó mediante la conversión de n-hexano, en un reactor de lecho empacado, a P_{atm} , de 400 a 550 °C.

Resultados. Se identificaron las condiciones para promover la producción de una fracción líquida en la pirólisis de PP, PE y de mezclas de ambos. El análisis de la distribución de productos evidenció la formación de mono olefinas y de cicloalcanos/alcadienos, que pueden ser valorizados catalíticamente para incrementar la producción de olefinas ligeras. La caracterización de los 4 tipos de nanoestructuras sintetizadas a partir de la ZSM-5, indican que las modificaciones realizadas determinan: a) el factor jerárquico ($HF=0-005 - 0.12$), que determina la morfología más adecuada para promover la estabilidad del catalizador; b) densidad y distribución de sitios Bronsted, que determinan la actividad y estabilidad de los catalizadores para la producción de olefinas ligeras, etileno, propileno y butileno. Se exhibió el efecto del fósforo en un aumento de la selectividad hacia olefinas ligeras, pero en detrimento de la actividad. Está en evaluación el potencial de las nanoestructuras catalíticas para aceites de pirólisis de mezclas de polímeros postindustriales.

Conclusiones. La pirólisis fue adecuada para la descomposición de PE, PP y de sus mezclas, identificando como productos olefinas ligeras y otras fracciones líquidas, que se pueden romper catalíticamente para aumentar el rendimiento a olefinas. Se requiere una optimización de la morfología y la acidez catalítica para encontrar un adecuado balance de estabilidad y selectividad a olefinas ligeras. Los resultados contribuyen a validar y optimizar la estrategia termoquímica para el reciclaje de residuos plásticos con enfoque de economía circular.

Agradecimientos. Al CUWP (Award Number DEEE0009285) por el apoyo técnico y de movilidad académica para estudiantes y profesores.

Bibliografía.

- Li H., et al., Green Chem., 2022, 24, 8899-9002
 Zhao, D. et al., 2020, ChemSusChem, 13(7), 1764-1774.
 Dong, S. et al., 2022, Appl. Catal. B: Environmental, 324, 122219.