

VALORIZACIÓN DEL PET

BOLETÍN DIVULGACIÓN DE RESULTADOS, DICIEMBRE 2024

AUTORES

Manuela Lara Vásquez¹

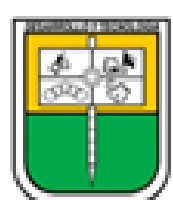
Leidy Astrid Hoyos Giraldo¹

Alba N. Ardila A.²

¹ Grupo de investigación CBATA -Tecnológico de Antioquia-TdeA, Medellín, Antioquia Colombia.

² Grupo de Investigación en Catálisis Ambiental y Energías Renovables, Facultad de Ciencias y Educación, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia.

* Email contacto: anardila@elpoli.edu.co - leidy.hoyos@tdea.edu.co .



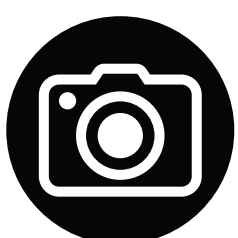
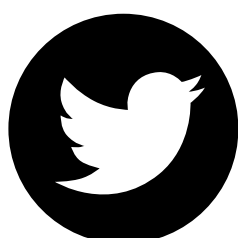
POLITÉCNICO COLOMBIANO
JAIME ISAZA CADAVID



CATALISIS AMBIENTAL Y ENERGÍAS RENOVABLES



@PolitecnicoJIC



Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid

TABLA DE CONTENIDO

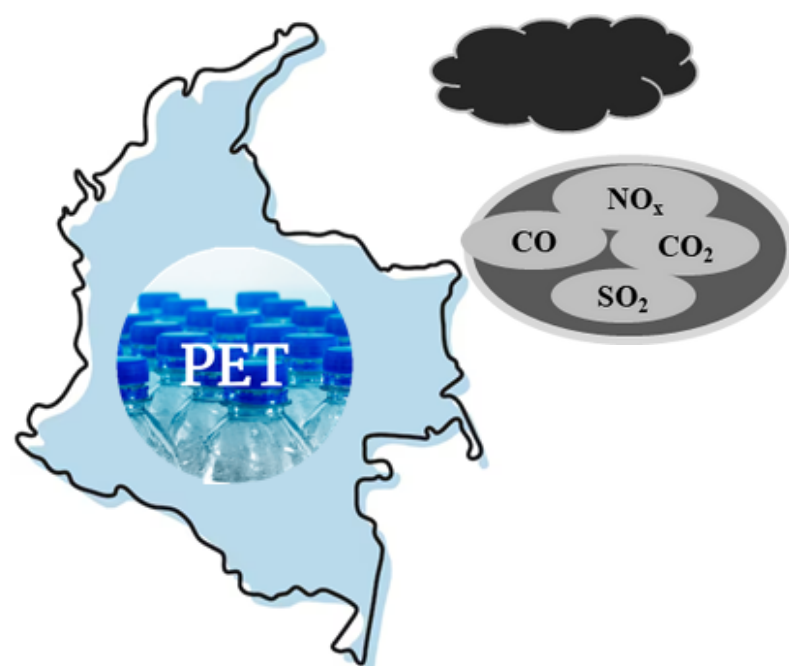
01	IMPACTOS AMBIENTALES DEL POLIETILENO TERETALO PET : UN RETO GLOBAL Y NACIONAL.....	03
02	ESTRUCTURA QUÍMICA Y PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL POLIETILENO TEREFTALO EN APLICACIONES INDUSTRIALES.....	04
03	PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS DE PET.....	05
04	IMPORTANCIA DE LA VALORIZACIÓN DEL PET.....	06
05	EL PET COMO FUENTE DE MATERIALES CARBONOSOS.....	07
06	PIRÓLISIS COMO ALTERNATIVA DE RECICLAJE QUÍMICO PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIALES CARBONOSOS.....	08
07	APLICACIONES DE LOS MATERIALES CARB.NOSOS.....	09
08	¿ QUÉ HEMOS REALIZADO EN NUESTROS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIALES CARBONOSOS ?.....	10
09	DESCUBRE NUESTRAS INVESTIGACIONES Y PUBLICACIONES.....	12
10	CONCLUSIONES	15
11	ALIANZAS Y AGRADECIMIENTOS.....	16
12	REFERENCIAS.....	17



IMPACTOS AMBIENTALES DEL POLIETILENO TEREFTALATO PET : UN RETO GLOBAL Y NACIONAL

La alta competitividad en la fabricación de botellas plásticas PET ha generado consecuencias tanto a nivel nacional como internacional, ya que la producción supera el porcentaje de PET reciclado. La inadecuada separación y el escaso aprovechamiento han afectado gravemente a los ecosistemas. Para reducir su volumen, se recurre a la incineración, lo cual agrava el problema al causar daños irreversibles al planeta y a la salud humana. (Kan et al., 2023); (Chaudhari et al., 2024)

Colombia



- **150.000 Ton/Año Aprox.**
- **450 años en degradarse**
- **Se recicla un 10 %.**
- **+ Volumen en rellenos sanitarios.**
- **- Vida útil**

Figura 2. Diagrama de residuos plásticos generados en Colombia

Fuente. Elaboración propia.

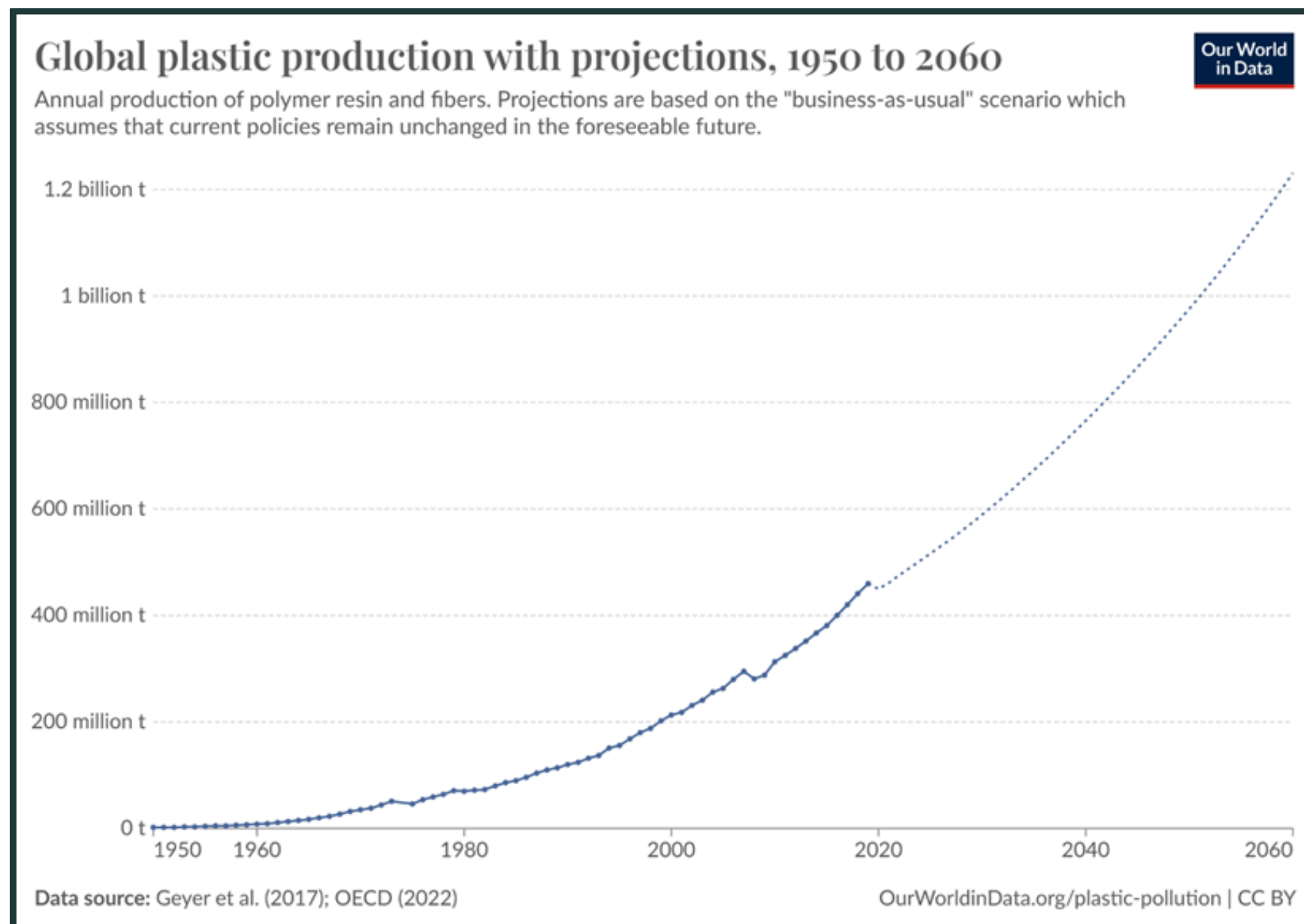


Figura 1. Previsión mundial del volumen de residuos plásticos del 2020 hasta el 2060 según su destino final. Tomado de geyer et al, (2017); OCDE (2022)

La figura 1 muestra el impacto global del PET, siendo uno de los plásticos más producidos a nivel mundial, alcanzando cifras que exceden los 5 mil millones de toneladas de residuos plásticos, esta información se da gracias a la revista sur Word in data realizando una proyección que data desde 1950. El uso, principalmente de envases de un solo uso, plantea graves retos para la gestión de residuos. geyer et al, (2017); OCDE (2022)

La figura 2 muestra la generación de plásticos que tiene Colombia en el año 2020 con un total de 1,74 millones de toneladas al año, de las cuales solo el 17% se recicla. (Ferronato et al., 2024) Esto equivale a un incremento de residuos en los rellenos sanitarios, afectando a los ecosistemas y la calidad del aire por medio de la emisión de gases de efecto invernadero durante la fabricación y disposición, debido a que este persiste en el ambiente mas de 450 años debido a su baja degradabilidad. (Sharifian & Asasian-Kolur, 2022).

BOLETÍN DIVULGACIÓN DE RESULTADOS, DICIEMBRE 2024

ESTRUCTURA QUÍMICA Y PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL POLIETILENO TEREFHALO

El PET (polietileno tereftalo) es un polímero termoplástico ampliamente utilizado a nivel industrial debido a su resistencia, flexibilidad y bajo costo de producción. (Mosqueda-huerta et al., 2024) En la figura 3 muestra la estructura básica derivada de una reacción de polimerización entre etilenglicol y ácido tereftálico dando paso a una interacción para formar cadenas moleculares. (Castelló & Navarrete, 2023) Este polímero es muy conocido por su alta estabilidad térmica y mecánica, así como su gran resistencia química (Mosqueda-huerta et al., 2024)

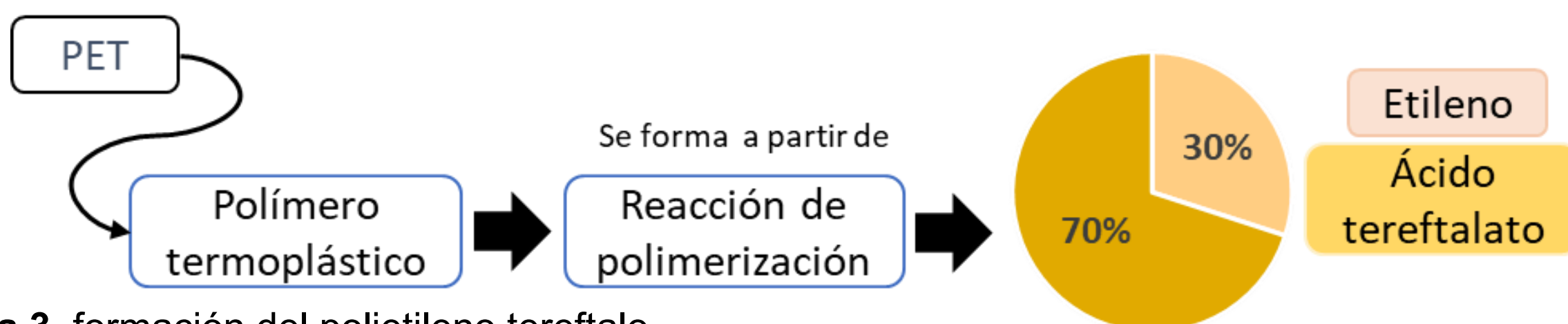


Figura 3. formación del polietileno tereftalo.

Fuente. Elaboración propia.

En la figura 4 Se expone la obtención por una polimerización de condensación, donde las moléculas de ácido tereftálico y etilenglicol reaccionan para formar un polímero lineal. (Mosqueda-huerta et al., 2024)

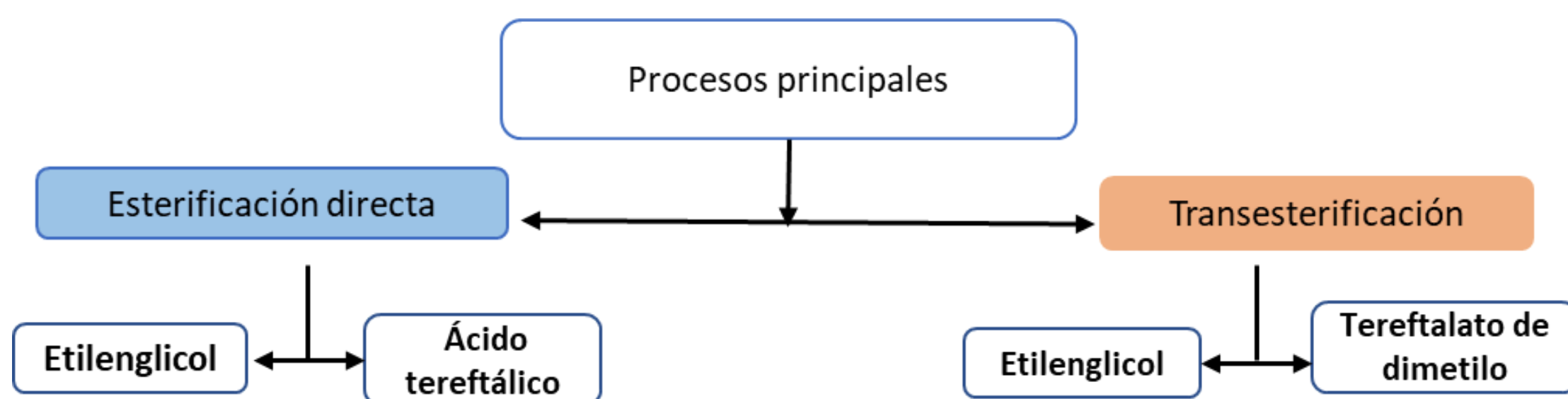


Figura 4. Procesos principales para el PET

Fuente. Elaboración propia

APLICACIONES INDUSTRIALES DEL PET

Gracias a sus propiedades, el PET se ha consolidado en sectores clave como el embalaje con un 70% de uso a nivel global, seguido por textiles y la industria automotriz. (Muringayil Joseph et al., 2024) Esas aplicaciones destacan por su alta demanda de materiales ligeros y resistentes, Aunque se plantean retos de aprovechamiento por medio del reciclaje no se logra obtener una tasa de reciclabilidad alta.

En la figura 5 muestra como el sector de embalajes lidera el consumo debido a la alta demanda de envases ligeros y duraderos. Sin embargo la industria textil, automotriz y demás industrias exploran cada vez mas las aplicaciones avanzadas debido a la capacidad de resistencia química y estabilidad para altas temperaturas. (Muringayil Joseph et al., 2024)

PRINCIPALES APLICACIONES INDUSTRIALES

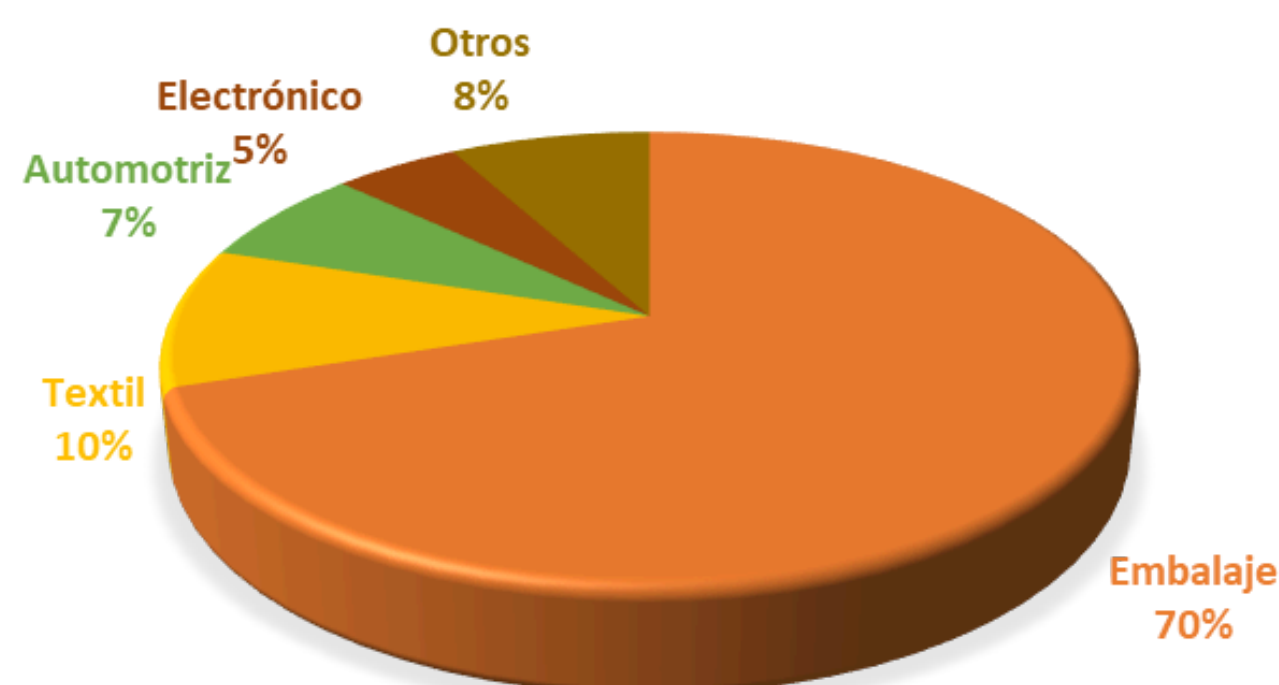


Figura 5. principales aplicaciones industriales.

Fuente. Elaboración propia

PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS DE PET

La preocupación por la contaminación causada por los materiales plásticos es cada vez mayor a nivel global, debido a su extenso uso en procesos domésticos e industriales. La continua producción y uso de plásticos contribuyen significativamente a la saturación de los vertederos y a la degradación de los ecosistemas debido a un manejo inadecuado de los residuos plásticos, siendo estos residuos una de las principales causas de la crisis climática, la pérdida de biodiversidad y la contaminación. En la figura 6 se muestra el modelo tradicional de economía lineal el cual consiste en extraer el recurso, fabricar y una vez cumplida su vida útil se desecha como residuos, sin considerar su reutilización o reciclaje. Este enfoque prevaleció durante gran parte de la historia industrial y aun domina muchas áreas del mundo. Dentro de sus consecuencias principales a raíz de ese modelo se encuentra el impacto ambiental, económico, social y agotamiento de los recursos naturales. (Muringayil Joseph et al., 2024)

Los sistemas de aprovechamiento se basaban en una economía lineal

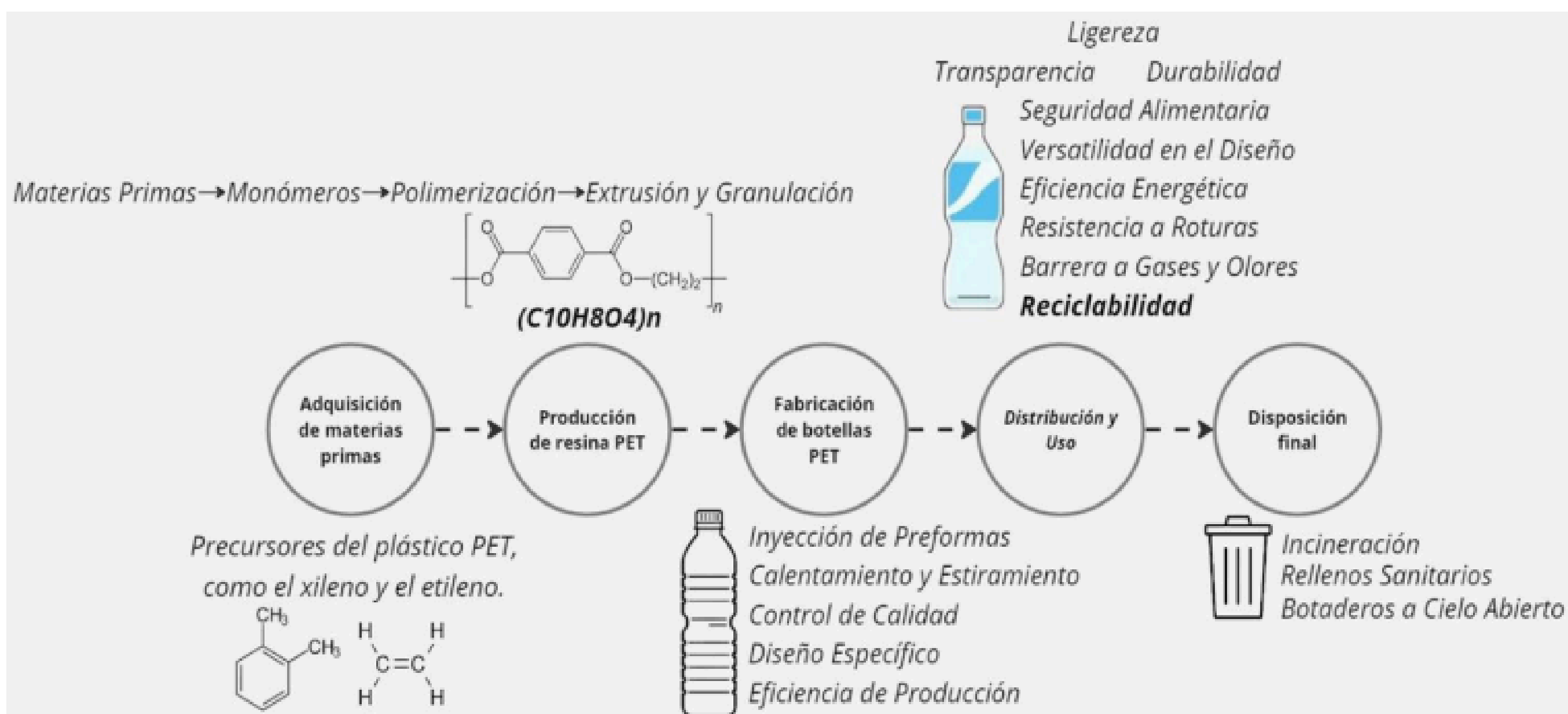


Figura 6. sistema de economía lineal.

Fuente.(Parra & Zuluaga, 2024)

El plástico tereftalato de polietileno (PET), es un material ampliamente utilizado en todo el mundo debido a sus propiedades físicas y químicas únicas. Es un plástico ligero, resistente, transparente y fácil de moldear, lo que lo hace ideal para una amplia variedad de aplicaciones, desde botellas de bebidas hasta fibras textiles. Sin embargo, su uso masivo ha llevado a un aumento significativo en la generación de residuos plásticos, que se convierten en uno de los principales problemas ambientales globales. (Parra & Zuluaga, 2024)

Los modelos actuales de aprovechamiento del PET, como la disposición en vertederos, reciclaje mecánico y acumulación los cuales resultan ser modelos en los que solo contribuyen en el aumento de contaminación por acumulación y cambio de las propiedades iniciales del PET. Adicionalmente se presentan estrategias de reciclaje químico la cual puede ser una alternativa eficiente que consiste en la valorización y disminución de acumulación de plásticos. (Grupo ACMS 2022),(Valderrama, 2022), (Mosqueda-huerta et al., 2024).

IMPORTANCIA DE LA VALORIZACIÓN DEL PET

Las operaciones de valorización son aquellas en las que el residuo sirve para una función sustituyendo a otros materiales o en las que el residuo es preparado para ser utilizado como materia prima en otros procesos o en la economía en general. Entre las operaciones de valorización se encuentran la valorización energética y la valorización de materiales, incluida en esta última la preparación para la reutilización, el reciclado, la recuperación de materias primas. (Tecnológico de Aragón 2023)

Relevancia de la economía circular:

La valorización del pet se enmarca dentro de la economía circular, que fomenta la reutilización y transformación de materiales postconsumo para minimizar residuos y maximizar la eficiencia de recursos: este modelo busca reducir la dependencia de recursos vírgenes y la generación de desechos, permitiendo un desarrollo más sostenible.

En la figura 8 se presenta el esquema de economía circular

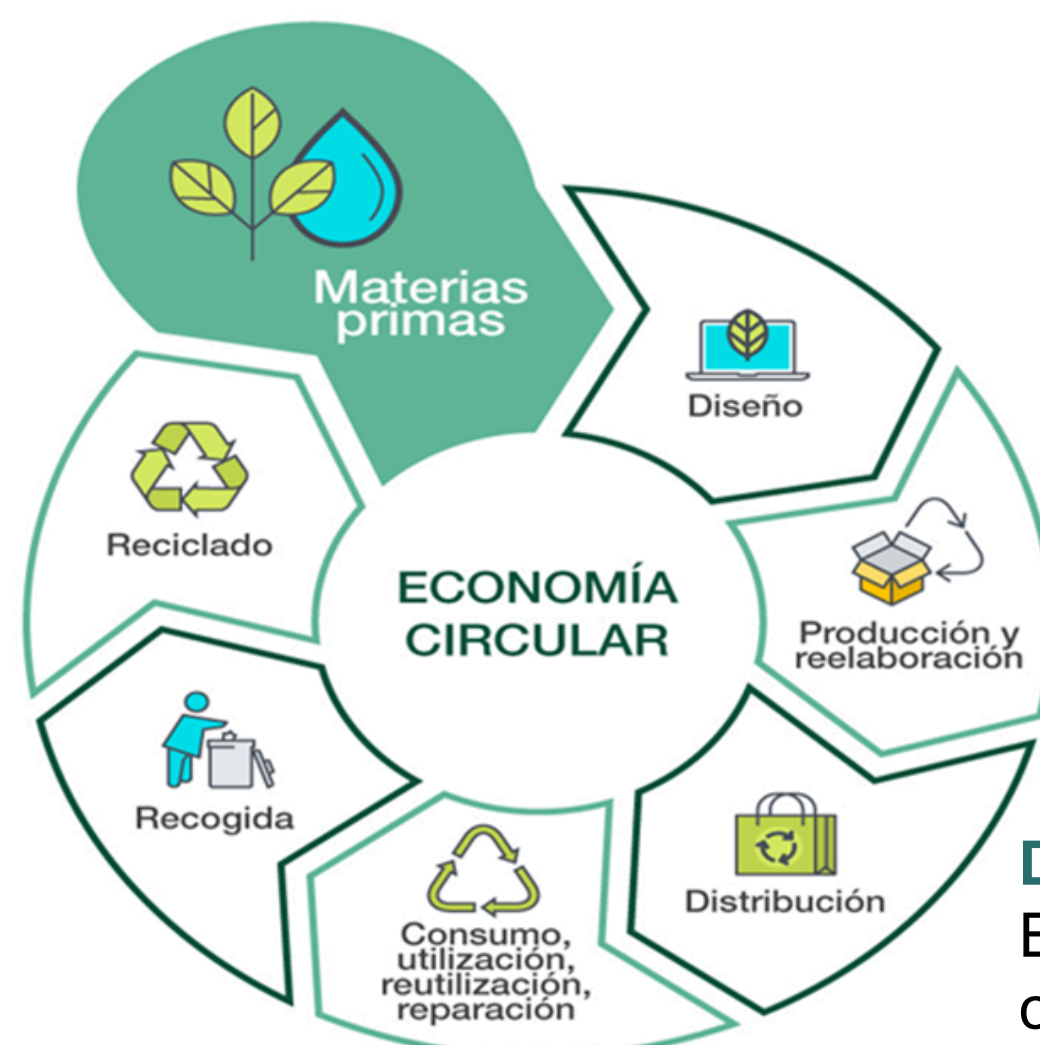


Figura 7. Esquema economía circular

Fuente. Fundación ecolec

Disminución de la extracción de los recursos naturales:

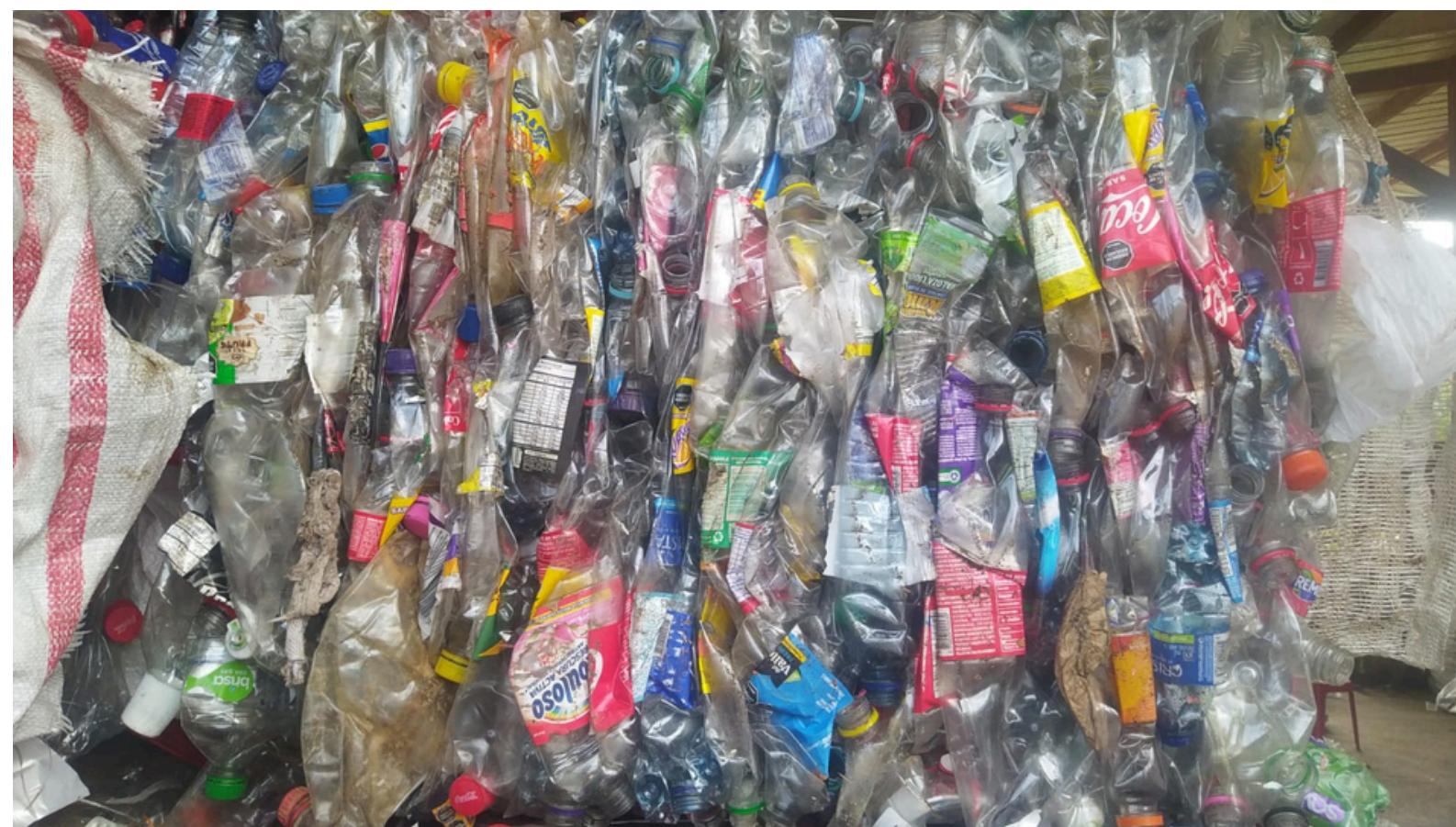
El uso del PET reciclado reduce la demanda de materias primas como el petróleo y el carbón, contribuyendo a la economía circular

Reducción de la acumulación en vertederos:

La valorización disminuye la cantidad de residuos plásticos que llegan a vertederos, prolongando su vida útil, reduciendo los impactos negativos en suelo y el agua.

Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero:

La conversión del PET en combustibles o materiales reutilizables evita las emisiones derivadas de su descomposición y quema no controlada



Obtención de materiales carbonosos derivados del PET

El PET puede transformarse en materiales valiosos, como carbón activado y grafeno con aplicaciones en filtración, almacenamiento de energía y sensores

La valorización del PET, representa especial importancia por la capacidad de transformación y aprovechamiento a la que se pueden someter los materiales plásticos de postconsumo, La economía circular es un modelo económico que pretende hacer frente a este modelo lineal, principalmente basándose en la reutilización y valorización de residuos. Esto permite no consumir tal cantidad de materia prima y energía durante su obtención, además de disminuir los residuos, los cuales en la mayoría de los casos se incineran o se llevan a vertederos.(Mosqueda-huerta et al., 2024)

EL PET COMO FUENTE DE MATERIALES CARBONOSOS

El uso de residuos de PET, derivados de botellas plásticas e industria como materia prima, es llamativo para la obtención de carbones porosos, puesto que tiene una alta capacidad calorífica y un alto contenido de C, H, O y un bajo porcentaje en cenizas e impurezas. Los materiales de carbón que se obtienen bajo pirólisis lenta o moderada podrían ser usados en diferentes aplicaciones como soportes catalíticos, catalizadores o adsorbentes en la remoción de contaminantes en procesos de descontaminación de agua (Chakraborty et al., 2022). Por lo tanto, el material de carbono derivado del PET tiene un alto potencial que ser utilizado para eliminar contaminantes de medios acuosos como tintes o colorantes.

La disponibilidad y el bajo costo hace que el pet sea un material de interés científico, lo que lo convierte en una fuente accesible y económica para la obtención de materiales carbonosos.

La transformación del PET en materiales carbonosos ofrecen una solución sostenible a la problemática de acumulación y resistencia a la degradabilidad de los desechos plásticos convirtiéndolos en un subproducto con valor agregado, con aplicaciones y usos potenciales.



Los materiales carbonosos obtenidos del PET tienen una amplia variedad de tratamientos térmicos, como la pirólisis o la activación química que permiten la conversión del PET en materiales carbonosos con estructuras porosas.

La obtención de materiales carbonosos derivados del PET se les puede atribuir un impacto ambiental reducido, por que elimina la acumulación y disminuye las problemáticas de contaminación

PIRÓLISIS COMO ALTERNATIVA DE RECICLAJE QUÍMICO PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIALES CARBONOSOS.

¿Qué es la pirólisis?

La pirólisis es un proceso químico que descompone materiales orgánicos en ausencia de oxígeno, utilizando altas temperaturas. En el caso del PET, convirtiéndolo en carbón sólido, bioaceite y gases como CO₂ e hidrógeno. Este método es eficiente para transformar residuos plásticos en productos útiles sin generar contaminantes adicionales. (Yin et al., 2021).

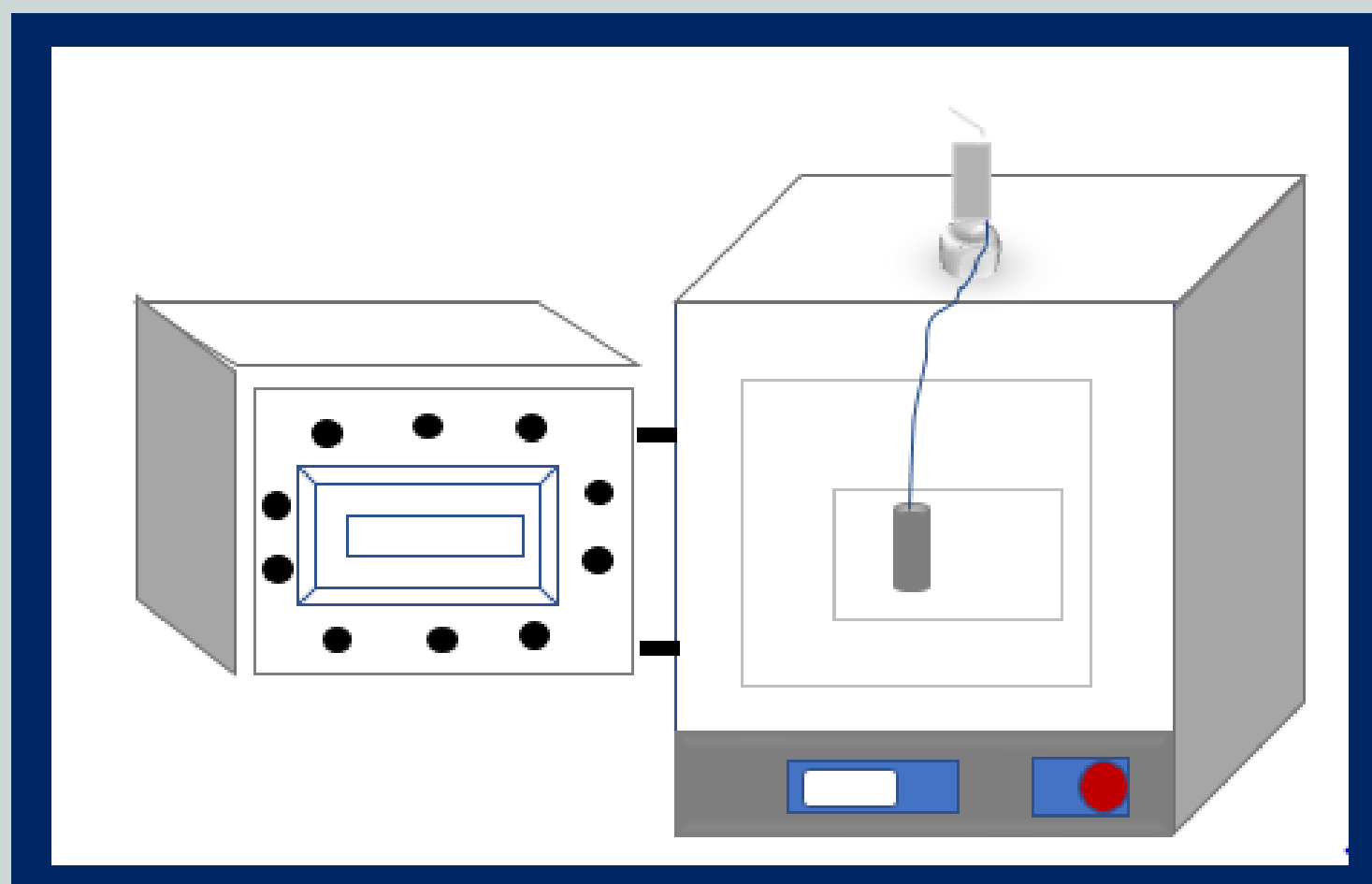


Figura 8. pirólisis como alternativa de aprovechamiento
Fuente. Elaboración propia

¿Por qué es importante?

- **Reducción de residuos plásticos:** Ofrece una solución innovadora para el reciclaje químico de materiales difíciles de procesar.
- **Producción de biocombustibles:** Genera energía limpia y renovable
- **Economía circular :** Promueve la reutilización de recursos en lugar de desecharlos.

¿En que materiales se aplica ?

La pirólisis es versátil y puede utilizarse en diversas fuentes de materia prima orgánica con alto contenido de carbono, como:

- **Residuos agrícolas:** Restos de cultivos o cáscaras
- **Residuos forestales:** Madera sobrante o biomasa
- **Residuos urbanos:** Plásticos como PET o textiles
- **Biomasa:** Desechos biológicos procesables

(Kataki et al., 2018);(Ibarra-lizárraga & Santos-ballardo, 2024)

la pirólisis surge como una alternativa más eficiente que los tratamientos térmicos en atmósfera oxidante y el reciclaje químico y mecánico. La pirólisis implica la descomposición térmica del PET para convertirlo en carbón sólido, bioaceite o gases, como CO₂ e hidrógeno, mediante altas temperaturas (Yin et al., 2021). Esta técnica ofrece una manera más segura y efectiva de transformar los residuos de PET en productos útiles, sin generar contaminantes adicionales.

Ventajas del proceso

- No genera contaminantes adicionales
- Aprovecha residuos difíciles de reciclar
- Genera productos de alto valor agregado como bioaceite y carbón activado (Col & Mu, 2024).

Desventajas del proceso

- Altos costos
- Complejidad técnica
- Limitaciones en la materia prima ya que no todos los materiales son adecuados para la pirólisis
- Infraestructura (Col & Mu, 2024)

APLICACIONES DE LOS MATERIALES CARBONOSOS FUNCIONALES EN PROCESOS DE DESCONTAMINACIÓN

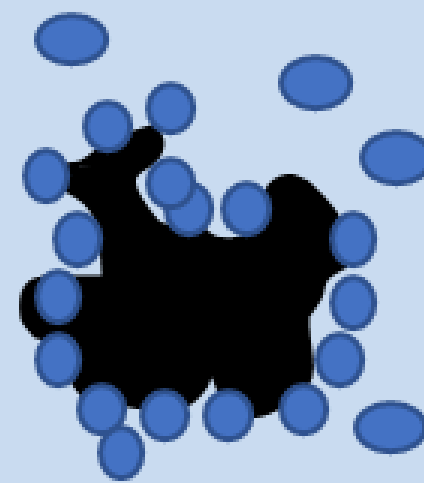
¿Qué son los materiales carbonoso funcionales ?

Son materiales a base de carbono con propiedades específicas que los hacen ideales para aplicaciones ambientales, especialmente en la remoción de contaminantes en agua y aire.

Principales aplicaciones

Carbones activados

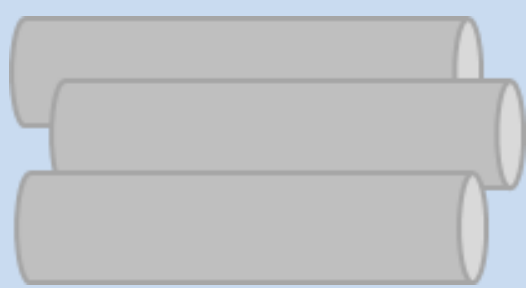
El carbón activado es un material carbonizado que puede ser de origen vegetal o mineral que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito, siendo extremadamente poroso y puede llegar a desarrollar áreas superficiales de 1500 metros cuadrados por gramo de carbón. Se le llama activado debido a que tiene propiedades adsorbentes gracias al estado de activación que se le da al carbón confiriéndole propiedades especiales para adsorber ciertas sustancias (Geocities, 2009),(Rolando & Lemus Guatemala, 2024)



- Purificación de agua y aire.
- Control de emisiones
- Tratamiento de aguas residuales

Grafeno y nanotubos de carbono

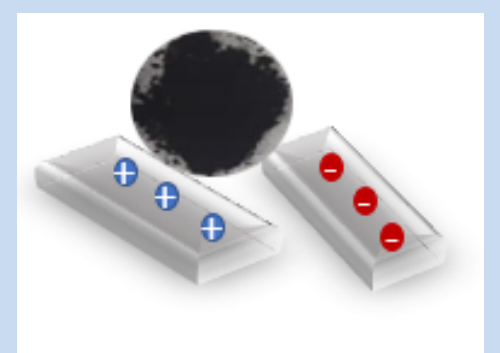
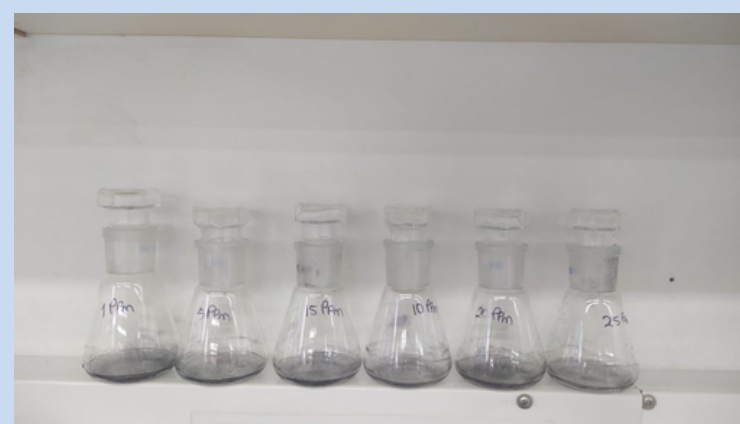
El grafeno es un material compuesto por una capa de átomos de carbono con propiedades físicas y eléctricas excepcionales, lo que lo convierte en uno de los materiales más prometedores en diversos ámbitos entre ellos el de la electrónica (Pastor & Carmen, 2024); (Salama et al., 2024)



- Filtros de agua
- Remediación ambiental
- Almacenamiento de energía

Adsorbentes

La adsorción consiste en que el material removido se adhiere física o químicamente a la superficie del material adsorbente, sin penetrar en su estructura física, es un proceso donde implica fuerzas de atracción del tipo Dipolo Instantáneo/Dipolo Inducido: Fuerzas de London conocidas como fuerzas de Van Der Waals, entre las moléculas de la sustancia adsorbida y de la superficie del material que adsorbe. Por lo tanto, al ser un fenómeno que ocurre en la superficie mientras mayor sea su área superficial disponible tenga un sólido, mejor adsorbente podrá ser (Escuela Politécnica de Sevilla, SF).(Rolando & Lemus Guatemala, 2024)

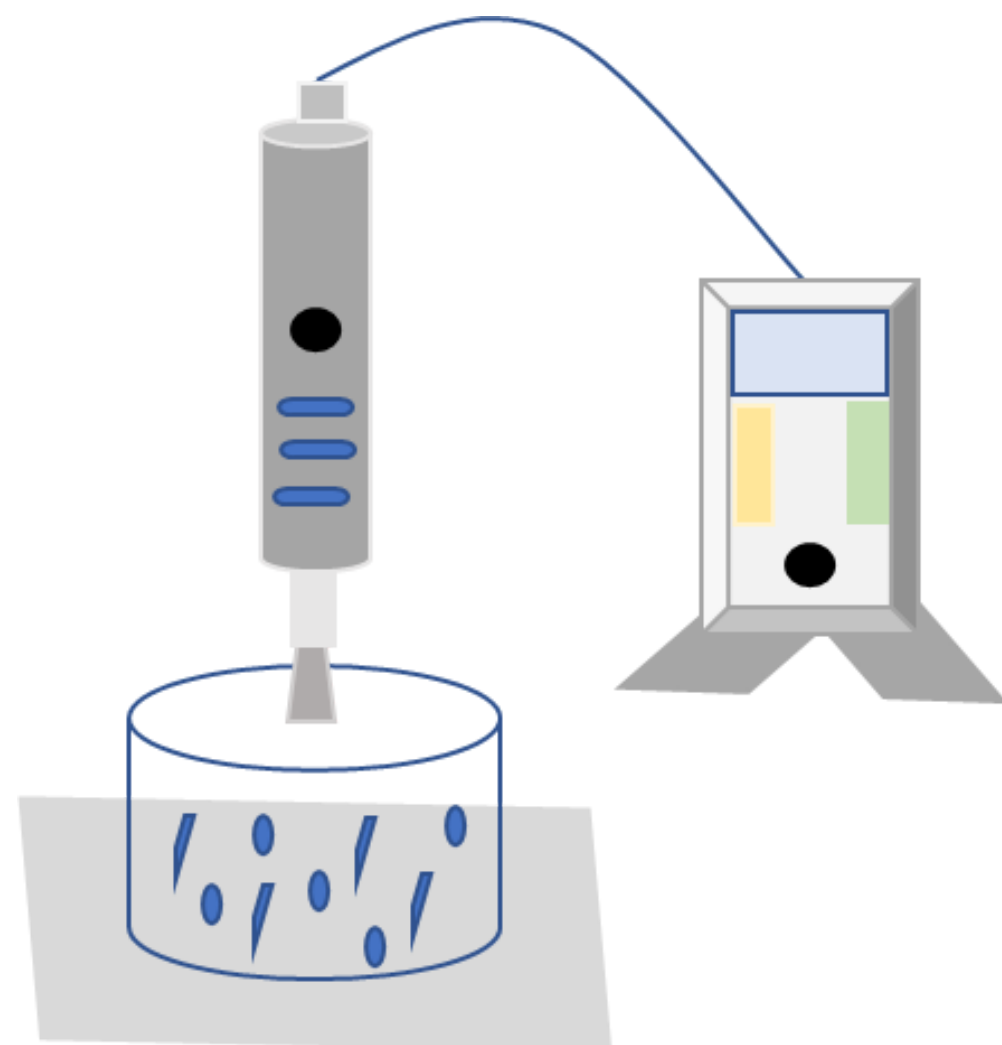


¿ QUÉ HEMOS REALIZADO EN NUESTROS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIALES CARBONOSOS?

- Hemos obtenido algunos materiales carbonosos a partir del PET usando alternativas ambientales y tecnológicas como el uso del ultrasonido.

El ultrasonido se alinea con los principios de la química verde al contribuir a procesos químicos menos dañinos y a la reducción de sustancias nocivas para el medio ambiente. Esta tecnología encuentra aplicaciones en diversas áreas de la ciencia química, como la síntesis orgánica e inorgánica, la catálisis, el descubrimiento de fármacos, las ciencias de los materiales, los polímeros, la nanoquímica, el tratamiento de aguas residuales y la sonoquímica, que incluye la síntesis química, la catálisis y la investigación sobre cavitación (Ameta & Ameta, 2024)

Al aplicar ultrasonido en la obtención de materiales carbonosos porosos, se espera una serie de beneficios ya que la dispersión uniforme del PET mediante ultrasonido puede reducir el tamaño de partícula, lo que facilita la formación de una estructura más homogénea y una mayor área superficial en el material carbonoso resultante. Esta mejora en la porosidad se refleja en una distribución más uniforme de los poros, lo cual puede ser causado por la formación de microcavidades y microcorrientes en la solución agua PET, lo que mejora las propiedades fisicoquímicas del material final (Garcia-Ortiz et al., 2022).



- Hemos obtenido materiales carbonosos mediante técnicas de impregnación con sílica SBA-16

Los materiales carbonáceos con alta área superficial, un alto volumen de poro y una porosidad controlada pueden ser sintetizados utilizando sólidos porosos como moldes, método conocido como nanocasting, hard template, por réplicas inversas o ruta del molde. En este método de obtención el primer paso consiste en la infiltración de los poros del molde con la fuente de carbono, luego viene el paso de carbonización y por último la eliminación del molde de sílice usando HF o NaOH.

En los procesos de pirólisis de residuos plásticos, se han explorado diversos materiales silíceos, como la sílica MCM-41 y SBA-15, reconocidos por sus poros de diámetro regular (1,5nm a 10nm) y alta área superficial. Para potenciar su desempeño en la pirólisis, se han introducido iones de aluminio para generar sitios ácidos de Brønsted. El objetivo principal de utilizar estos materiales es desarrollar catalizadores que incrementen la formación de fases líquidas durante la pirólisis, con una selectividad hacia parafinas y olefinas (Peng et al., 2022).



¿ QUÉ HEMOS REALIZADO EN NUESTROS GRUPOS DE INVESTIGACIÓN?

- Hemos estudiado las condiciones de pirólisis para los materiales carbonosos



Uno de los factores mas importantes durante los procesos de pirólisis son el establecimiento de la temperatura y condiciones optimas para poder obtener materiales carbonosos, de acuerdo a esto se logro establecer, los tipos de materiales a usar, tipo de reactor, combinacion de técnicas y mejora de las propiedades.

Figura 9. Estudio de las condiciones fisicoquímicas para la obtención de los materiales carbonosos.

Fuente. Creación propia.

- Hemos desarrollado materiales carbonosos para su posterior aplicación en la remoción de colorante azul de metileno.



Figura 10. Obtención de los materiales carbonosos.

Fuente. Creación propia.

Los materiales carbonosos porosos evaluados exhiben una capacidad de adsorción excepcionalmente alta para el colorante azul de metileno, incluso a concentraciones significativas. Esta impresionante capacidad de remoción subraya el potencial promisorio de estos materiales en procesos de descontaminación de aguas residuales en la industria textil. Su capacidad para eliminar eficazmente los colorantes presentes en aguas residuales, incluso a niveles altos de concentración, sugiere que podrían ser una solución efectiva y sostenible para abordar los desafíos de la contaminación del agua en la industria.

- Se estudió y se propone la combinación de técnicas de sonicación e impregnación con SBA-16 para mejorar las propiedades fisicoquímicas de los materiales carbonosos.

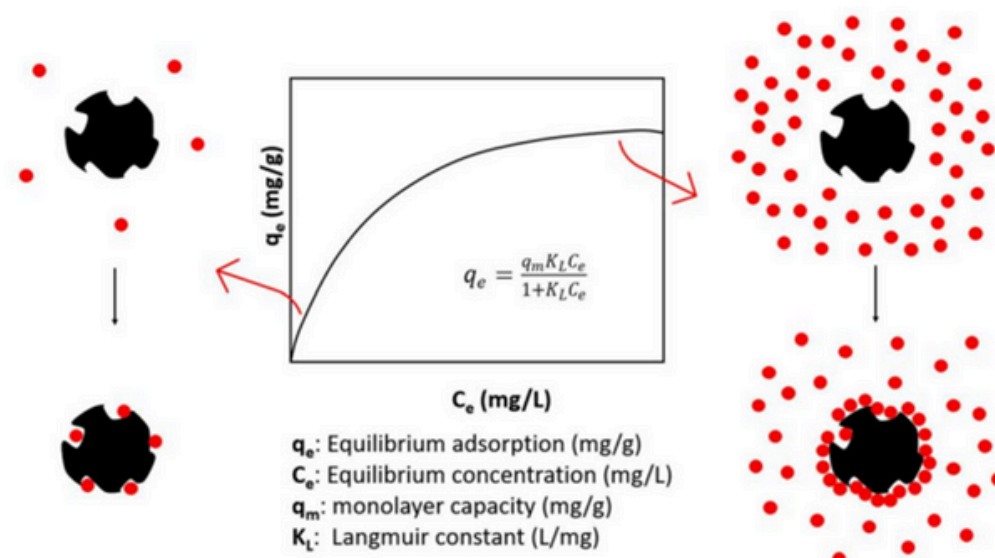


Figura 11. Estudio de las condiciones fisicoquímicas para la obtención de los materiales carbonosos.

La combinación de los procesos de sonicación y pirólisis confiere mejoras significativas a las propiedades de los materiales carbonosos porosos derivados de residuos de PET, en comparación con la pirólisis convencional. Esta estrategia combinada conduce a la obtención de materiales carbonosos porosos con propiedades optimizadas, lo que podría abrir nuevas vías de aplicación en una variedad de campos industriales y medioambientales.

DESCUBRE NUESTRAS INVESTIGACIONES Y PUBLICACIONES



EL NODO ANTIOQUIA ADSCRITO A LA REDCOLSI HACE CONSTAR QUE

MANUELA LARA VÁSQUEZ

CON NÚMERO DE DOCUMENTO 1035920040

PARTICIPÓ EN EL XIX ENCUENTRO DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN,
REALIZADO DE MANERA VIRTUAL PARA EL AÑO 2020, EN CALIDAD DE

PONENTE


LUZ MERY HERRERA GALEANO
Coordinadora Nodal

XIII SIMPOSIO COLOMBIANO DE CATÁLISIS

CICAT **SurfLab** **Universidad Industrial de Santander** **SOCAT**

XIII Simposio Colombiano de Catálisis
Octubre 11-13 de 2023

Se otorga el presente certificado al **Póster:**

Valorización de PET empleando homogenización ultrasónica para la producción de materiales carbonosos porosos

De los autores: Leidy Astrid Hoyos Giraldo, Alba Nelly Ardila, Manuela Lara Vásquez


Víctor Baldovino Medrano
Presidente Sociedad Colombiana de Catálisis


Fernando Martínez Ortega
Director comité académico del XIII Simposio Colombiano de Catálisis

DESCUBRE NUESTRAS INVESTIGACIONES Y PUBLICACIONES

XII CIM | 2024

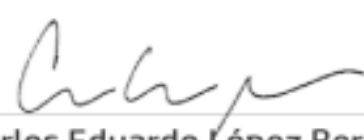
Congreso Internacional de Materiales

Certifica que:

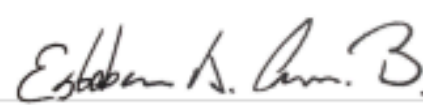
MANUELA LARA VÁSQUEZ LEIDY HOYOS GIRALDO ALBA NELLY ARDILA

Participaron como ponentes modalidad poster en el XII Congreso Internacional de Materiales (XII CIM 2024), realizado del 25 al 27 de septiembre de 2024 en la Universidad de Medellín, con el trabajo titulado:

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE PET EN LA SÍNTESIS DE MATERIALES ADSORBENTES POROSOS PARA LA REMOCIÓN DE COLORANTES.



Carlos Eduardo López Bermeo
Decano Facultad de Ingenierías
Universidad de Medellín



Esteban Alberto Correa Bedoya
Presidente Comité Organizador
Universidad de Medellín



CONSTANCIA

Otorgada A:

Leidy Astrid Hoyos Giraldo, Alba N. Ardila, Manuela Lara Vásquez

Por el **RECONOCIMIENTO MERITORIO** otorgado por la presentación del trabajo titulado:

“Estudio de la influencia de la frecuencia de sonicación en la síntesis de materiales carbonosos empleando PET como materia prima para su uso en la remoción de azul de metileno”

En el IV Simposio Internacional de Catálisis Ambiental y Energías Renovables (IV SICAMER-2024) “Oportunidades y retos en la valorización de residuos para la obtención de materiales y la generación de energías renovables bajo el concepto de economía circular”, realizado los días 28 al 31 de octubre de 2024, en su modalidad Mixta (Virtual y Presencial).



Luz Marina Ocampo Carmona
Presidente Comité Científico IV-SICAMER-2024
Universidad Nacional de Colombia



Alba Nelly Ardila Arias
Vicepresidente Comité Científico IV-SICAMER-2024
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid



CONCLUSIONES

- En esta cartilla se presenta la importancia de la obtención de materiales carbonosos por medio de una técnica de pirólisis, obteniendo materiales con aplicación funcionales en procesos de descontaminación.
- La obtención de estos materiales carbonáceos a base de pet se reduce la extracción de recursos como carbón y petróleo dos recursos que al ser extraídos generan desequilibrios ambientales en los ecosistemas.
- Los materiales carbonosos obtenidos a partir de PET se presentan como una alternativa de peso en la contribución y disminución de contaminantes y aplicaciones de descontaminación, de esta manera se presentan alternativas de valorizar los residuos plásticos.
- Existen investigaciones de gran importancia que proponen la producción de carbón activado a gran escala , abordando desafíos importantes para contribuir con el reciclaje de plásticos.
- El pet representa una de los residuos plásticos mas importantes para procesos de carbonización ya que existen investigaciones disponibles sobre la conversión a productos carbonáceos.
- Un limitante en los procesos de conversión a materiales de carbono son los costos, por lo tanto es importante optimizar las condiciones de tratamiento.
- A pesar de que existen carbones derivados de plásticos con áreas superficiales buenas, es importante analizar los procesos de activación y combinación de técnicas para obtener materiales con mayores capacidades .

AGRADECIMIENTOS



Ciencias

Minciencias por la financiación del proyecto: CONVENIO: CD 82312 CT ICETEX 2022-0784, titulado: Valorización integral de residuos postconsumo e industriales para el desarrollo de materiales con potencial catalítico bajo un enfoque de economía circular, código 82312.

ALIANZAS



POLITÉCNICO COLOMBIANO
JAIME ISAZA CADAVID



REFERENCIAS

- Ameta, S. C., & Ameta, R. (2024). Green Chemistry, 2nd edition: Fundamentals and Applications. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781003431473>
- barra-lizárraga, E., & Santos-ballardo, D. U. (2024). Pirólisis: 136, 105-110.
- Comisión Europea. (2018). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: Una estrategia europea para el plástico en una economía circular (Com/2018/028 final) . Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/En/Txt/?qid=1516265440535&uri=Com:2018:28:Fin> (consultado el 22 de septiembre de 2023).
- Chaudhari, U. S., Sedaghatnia, K., Reck, B. K., Maguire, K., Johnson, A. T., Watkins, D. W., Handler, R. M., Hossain, T., Hartley, D. S., Thompson, V. S., Peralta, A., Apriesnig, J. L., & Shonnard, D. R. (2024). PET and polyolefin plastics supply chains in Michigan: present and future systems analysis of environmental and socio-economic impacts. *Frontiers in Sustainability*, 5(May), 1-17. <https://doi.org/10.3389/frsus.2024.1405427>
- Castelló, J. M., & Navarrete, F. C. (2023). TRABAJO FIN DE ESTUDIOS Autor: Director: Documento: RECICLAJE QUÍMICO DE POLÍMEROS SINTÉTICOS. 2023-2024. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/403713/Memoria_TFG_JoanMartínez.pdf?sequence=2
- Col, L., & Mu, G. (2024). Revisión de métodos de reciclaje enfocado a las aspas de aerogeneradores en México Review of recycling methods focused on wind turbine blades in Mexico. 22, 194-210.
- Chakraborty, R., K. V., Pradhan, M., & Nayak, A. K. (2022). Recent advancement of biomass-derived porous carbon based materials for energy and environmental remediation applications. *J. Mater. Chem. A*, 10(13), 6965–7005. <https://doi.org/10.1039/D1TA10269A>
- Ferronato, N., Maalouf, A., Mertenat, A., Saini, A., Khanal, A., Copertaro, B., Yeo, D., Jalalipour, H., Raldúa Veuthey, J., Ulloa-Murillo, L. M., Thottathil, M. S., Shuaib, N. A. bin, Caplin, R., & Mohandas, V. J. (2024). A review of plastic waste circular actions in seven developing countries to achieve sustainable development goals. *Waste*
- Garcia-Ortiz, J. D., Flores-Gallegos, A. C., Ascacio-Valdés, J. A., López-Badillo, C. M., Nery-Flores, S. D., Esparza-González, S. C., & Rodríguez-Herrera, R. (2022). Microwave-ultrasound assisted extraction of red corn pigments and their effect on chemical composition and techno-functional properties. *Food Bioscience*, 50, 102115. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102115>
- Instituto Tecnológico de Aragón (2023). Valorización de residuos plásticos. Recuperado de <https://www.ita.es/technological-watch/valorizacion-deresiduos-plasticos>
- Mosqueda-Huerta, Z. J., Rodríguez-Hernández, C. A., Batalla-López, K. E., Villafan-Parra, C. F., Smith-Ortega, A. S., Vázquez-Flores, K. N., & Riesco-Ávila, J. M. (2024). Reciclaje del PET: revisión bibliográfica sobre la conversión termoquímica del PET. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 28, 1–12. Recuperado a partir de <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4523>
- Muringayil Joseph, T., Azat, S., Ahmadi, Z., Moini Jazani, O., Esmaeili, A., Kianfar, E., Haponiuk, J., & Thomas, S. (2024). Polyethylene terephthalate (PET) recycling: A review. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 9(February), 100673. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100673>
- Parra, J., & Zuluaga, M. (2024). Análisis de la cadena de valor del plástico PET en Manizales: Evaluación de impactos ambientales y estrategias para su gestión sostenible mediante la economía circular. 1-75.
- Peng, Y., Wang, Y., Ke, L., Dai, L., Wu, Q., Cobb, K., Zeng, Y., Zou, R., Liu, Y., & Ruan, R. (2022). A review on catalytic pyrolysis of plastic wastes to high-value products. *Energy Conversion and Management*, 254, 115243. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115243>

REFERENCIAS

Pastor, Q., & Carmen, M. (2024). GRADO EN INGENIERÍA E LECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA GRAFENO: PROPIEDADES Y APLICACIONES.

Rolando, D., & Lemus Guatemala, S. (2024). Universidad Del Valle De Guatemala Facultad De Ingeniería Departamento De Ingeniería Química.
<https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/handle/123456789/4871>

Sharifian, S., & Asasian-Kolur, N. (2022). Polyethylene terephthalate (PET) waste to carbon materials: Theory, methods and applications. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 163, 105496.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jaap.2022.105496>