



Estado actual del reciclaje de PET en México: Generación, tecnologías, brechas estatales y futuro desde una perspectiva de la economía circular

Current state of PET recycling in Mexico: Generation, technologies, state gaps and future from a circular economy perspective

María Lilia Alvarado-Lozano ¹, Arturo Santos-Gómez ², Jacinto Sandoval-Lira ^{1, *}

¹ Maestría en Gestión de Proyectos Estratégicos Sostenibles, Universidad Tecnológica de Huejotzingo

² Departamento de Ciencias e Ingenierías, Universidad Iberoamericana

* Autor de correspondencia: jsandovalira@email.com; Tel.: 2220102970

Fecha de Recepción: 14 de julio del 2026.

Fecha de Revisión: 10 de agosto del 2026.

Fecha de Publicación: 30 de septiembre del 2026.

ISSN: 3061-838X.

DOI: 10.82580/revateh.v3i3.56

Citación: Maria Lilia Alvarado-Lozano, Arturo Santos-Gómez, Jacinto Sandoval-Lira. Estado actual del reciclaje de PET en México: Generación, tecnologías, brechas estatales y futuro desde una perspectiva de la economía circular. Revista en Ciencia y Tecnología del Valle de Tehuacán, 2026, 3, 1-15.

Copyright: © 2026 por los autores. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>.

Resumen

El tereftalato de polietileno (PET) es el plástico de envase más consumido en México y, paradójicamente, el que presenta las tasas más altas de recuperación en América Latina, superando el 60% del PET posconsumo. Esta revisión bibliográfica analiza el estado del reciclaje de PET en México desde la economía circular. Se cuantifica la generación nacional de residuos (más de 542 mil toneladas acopiadas anuales), se describen las tecnologías de reciclaje aplicadas predominantemente el reciclaje mecánico bottle-to-bottle con plantas de clase mundial (PetStar, IMER) y se identifican sus limitaciones técnicas (pérdida de viscosidad intrínseca, acumulación de acetaldehído). El análisis por entidades federativas revela una alta concentración del acopio en la Zona Metropolitana del Valle de México (30-34%), Jalisco (10-12%), Nuevo León (9-11%) y el corredor Puebla-Veracruz (12-14%), mientras que estados del sur como Chiapas, Oaxaca y Guerrero presentan acopio marginal. Se discuten los desafíos regulatorios (metas del 30% de rPET para 2030) y las oportunidades técnicas para estabilizar la calidad de la resina reciclada en preformas. Se concluye que el éxito del reciclaje de PET en México ya no depende exclusivamente de incrementar el acopio, sino de resolver los cuellos de botella técnicos en la etapa de inyección de preformas y cerrar la brecha regional.

Palabras clave: PET, reciclaje mecánico, economía circular, preformas, México por estados.



Abstract

Polyethylene terephthalate (PET) is the most consumed packaging plastic in Mexico and, paradoxically, the one with the highest recovery rates in Latin America, exceeding 60% of post-consumer PET. This bibliographic review analyzes the state of PET recycling in Mexico from a circular economy perspective. The national generation of waste is quantified (over 542,000 tons collected annually), the recycling technologies applied are described —predominantly mechanical bottle-to-bottle recycling with world-class plants (PetStar, IMER)— and their technical limitations are identified (loss of intrinsic viscosity, acetaldehyde accumulation). The analysis by state reveals a high concentration of collection in the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico (30-34%), Jalisco (10-12%), Nuevo León (9-11%), and the Puebla-Veracruz corridor (12-14%), while southern states such as Chiapas, Oaxaca, and Guerrero show marginal collection. The regulatory challenges (30% rPET targets by 2030) and technical opportunities to stabilize the quality of recycled resin in preforms are discussed. It is concluded that the success of PET recycling in Mexico no longer depends exclusively on increasing collection volumes but on resolving the technical bottlenecks in the preform injection stage and closing the regional gap.

Keywords: PET, mechanical recycling, circular economy, preforms, Mexico by state.

1. Introducción

Imagina 140 mil toneladas de basura cada día. Esa es la cantidad de residuos sólidos urbanos que generamos en México, según datos recientes (El Periódico de Saltillo, 2026). De esa montaña, una fracción pequeña pero muy valiosa son las botellas de tereftalato de polietileno (PET). Este polímero, que usamos a diario para envasar refrescos, agua y jugos, tiene una paradoja: es uno de los plásticos más difíciles de degradar en la naturaleza (puede tardar hasta 1000 años), pero también es uno de los más fáciles de reciclar si se gestiona correctamente.

El modelo económico lineal de *usar y tirar* ha llevado a que toneladas de plástico terminen en vertederos, océanos o incineradoras, con graves consecuencias ambientales. Frente a ello, la economía circular propone mantener los materiales en el ciclo productivo el mayor tiempo posible, convirtiendo los residuos en recursos (Ellen MacArthur Foundation, 2013). En este contexto, el reciclaje de PET en México se ha convertido en un caso de estudio relevante a nivel global, no solo por los volúmenes recuperados, sino por la creciente integración de tecnologías de reciclaje de grado alimenticio.

El presente artículo de revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar, desde un

enfoque de economía circular, el estado actual del reciclaje de PET en México. Para ello, se abordan tres cuestiones fundamentales: en primer lugar, se cuantifica cuánto PET se genera anualmente en el país y qué porcentaje se recupera efectivamente. En segundo lugar, se examinan las tecnologías de reciclaje disponibles a nivel global y cuáles de ellas se aplican realmente en México, identificando sus limitaciones técnicas. En tercer lugar, se explora cómo se distribuye el reciclaje por entidades federativas y hacia dónde se dirige la industria en los próximos años, considerando las metas regulatorias establecidas para 2030, las cuales incluyen alcanzar un 30% de contenido reciclado en envases y una tasa de acopio del 80% para el PET (ANIPAC, 2025).

A diferencia de otros trabajos que se centran exclusivamente en tasas nacionales, este artículo organiza la información por entidades federativas, evidenciando las marcadas desigualdades regionales en la capacidad de acopio y procesamiento. Además, conecta los desafíos técnicos asociados a la producción de preformas como el control de la viscosidad intrínseca, la acumulación de acetaldehído y la garantía de grado alimenticio con las políticas públicas y los compromisos voluntarios de la industria. De esta manera, se ofrece una



visión integral que va desde la generación del residuo hasta la reinserción de la resina reciclada en nuevos envases, pasando por los actores, las tecnologías y las brechas que aún persisten.

2. Metodología

Para la elaboración de este artículo de revisión se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Scopus, Web of Science y Google Scholar utilizando las palabras clave: "PET recycling Mexico", "mechanical recycling PET", "preforms circular economy", "rPET food grade". También se consultaron informes técnicos de la Asociación Nacional de Industrias del Plástico (ANIPAC), la asociación civil ECOCE, y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) correspondientes al periodo 2015-2025.

Se incluyeron artículos originales, revisiones sistemáticas y documentos normativos que abordaran al menos uno de los siguientes ejes: (a) generación de residuos PET en México, (b) tecnologías de reciclaje aplicadas, (c) tasas de acopio por entidad federativa, o (d) regulaciones sobre contenido de material reciclado en envases. Se excluyeron estudios centrados exclusivamente en otros plásticos (PEAD, PP, PVC) o en contextos fuera de México. Un total de 17 documentos (11 artículos científicos y 6 informes técnicos) fueron seleccionados para su análisis, además de los marcos normativos nacionales e internacionales referidos en la discusión.

3. Resultados y discusión

3.1 Generación de residuos PET en México

De acuerdo con la Asociación Nacional de Industrias del Plástico (ANIPAC, 2024) y ECOCE (2025), el volumen total de acopio de PET posconsumo en México supera las 542,000 toneladas anuales, lo que representa entre el 60% y 63% del consumo nacional de envases PET. Esta tasa posiciona a México como líder en América Latina y supera a la de Estados Unidos (aproximadamente 29%) y al promedio europeo (48%) según datos de la ANIPAC. Es importante aclarar que el

dato de *acopio* no es idéntico al de *reciclado efectivo*. Parte del PET acopiado puede ser exportado como bala o hojuela, o bien perder masa durante el lavado y peletizado. No obstante, la industria nacional de reciclaje mecánico grado alimenticio transforma internamente la mayor parte de este volumen, principalmente en las plantas de PetStar (Toluca) e IMER (Nuevo León) (ECOCE, 2025; PetStar, 2025). En cuanto a la composición de los residuos urbanos en México, el PET representa una fracción menor en peso (aproximadamente el 6-8% de los residuos sólidos urbanos), según SEMARNAT (2015), pero su valor económico y su persistencia ambiental lo convierten en un material prioritario desde el punto de vista de economía circular.

3.2 Tecnología de reciclaje de PET

3.2.1 Tecnologías a nivel global

La literatura especializada identifica cuatro rutas tecnológicas principales para el reciclaje de PET, las cuales se resumen en la **Tabla 1** (Grigore, 2017; Hopewell *et al.*, 2009; Ragaert *et al.*, 2017).

Como se observa en la **Tabla 1**, el reciclaje mecánico es, con diferencia, el más extendido por su costo-efectividad, abarcando más del 90% del reciclaje de PET a nivel industrial. Sin embargo, sus limitaciones son bien conocidas: cada ciclo de extrusión reduce la longitud de las cadenas poliméricas (pérdida de viscosidad intrínseca) y puede generar acumulación de acetaldehído, afectando el sabor del contenido cuando el envase reutiliza rPET en la industria de los alimentos (Welle, 2011). En contraste, la despolimerización química del PET (polietileno tereftalato) es un proceso de reciclaje que consiste en la ruptura de las cadenas poliméricas largas en compuestos más simples, como monómeros u oligómeros, que pueden ser reutilizados en la producción de nuevos materiales, tal como se indica en la **Tabla 1** con una calidad clasificada como alta. Este tipo de reciclaje permite recuperar materias primas con propiedades similares a las del PET virgen, contribuyendo a la economía circular y a la



reducción de residuos plásticos (Arredondo et al., 2023). En el caso de la pirólisis del PET, Umdagas et al., (2025) mencionan que es un proceso de reciclaje químico que consiste en la descomposición térmica del polímero a altas temperaturas (400 a 700 °C) en ausencia de oxígeno, lo que provoca la ruptura de las cadenas poliméricas mediante reacciones de degradación térmica, con el objetivo de transformarlo en productos más simples y de valor energético o químico. Como se aprecia en la tabla, su calidad es baja y se encuentra aún en fase experimental. La valorización energética del PET consiste en

aprovechar su contenido energético mediante procesos térmicos para generar calor, electricidad o combustibles. Este enfoque se utiliza principalmente cuando el material ya no es viable para reciclaje mecánico o químico. El PET, al ser un polímero derivado del petróleo, posee un alto poder calorífico, lo que lo convierte en una fuente potencial de energía en procesos como la incineración controlada o la pirólisis (Umdagas et al., 2025). La **Tabla 1** clasifica esta opción como complementaria y sin aplicación directa en la calidad del material reciclado.

Tabla 1. Tecnologías de reciclaje de PET a nivel global.

Tecnología	Tipo	Principio	Calidad	Escala actual
Reciclaje mecánico	Físico	Molienda, lavado, extrusión	Media	Industrial (+ 90%)
Despolimerización química	Químico	Glicólisis / metanólisis	Alta	Piloto / nicho
Pirólisis	Térmico	Craqueo sin oxígeno	Baja	Experimental
Valorización energética	Incineración	Combustión	No aplica	Complementaria

3.2.2 Tecnologías aplicadas en México

En México, el reciclaje de PET es predominantemente mecánico, con una capacidad instalada que ha posicionado al país como referente en América Latina. La industria nacional cuenta con plantas de clase mundial que operan bajo estrictos estándares de calidad y seguridad alimentaria.

Entre ellas destaca PetStar, ubicada en Toluca, Estado de México, considerada la planta de reciclaje de PET grado alimenticio más grande del mundo. Esta instalación utiliza tecnología suiza Bühler, que incorpora etapas de descontaminación por poliestado sólido (SSP), lo que permite alcanzar niveles de viscosidad intrínseca equivalentes a los de la resina virgen. De esta forma, PetStar logra reintroducir material reciclado en envases que nuevamente estarán en contacto con alimentos, cerrando el ciclo de manera segura y eficiente.

Otra planta relevante es IMER, propiedad del grupo ALPLA, que opera en México y produce la resina reciclada Nativa, también certificada para grado alimenticio. Esta resina es ampliamente utilizada por embotelladoras nacionales e internacionales,

lo que demuestra la confianza del sector en la calidad del rPET mexicano. Adicionalmente, existen plantas regionales de menor escala que operan reciclaje mecánico convencional, aunque muchas de ellas carecen de la certificación necesaria para que su material pueda ser utilizado en contacto directo con alimentos.

Sin embargo, a pesar de estos avances, no existe en México, hasta la fecha, una planta de reciclaje químico (despolimerización) a escala comercial. Esta ausencia representa una limitación estructural significativa para la economía circular del PET en el país. El reciclaje químico permite procesar materiales que el reciclaje mecánico no puede aprovechar: PET coloreado, opaco, muy contaminado o con múltiples ciclos de degradación. Actualmente, estos residuos suelen destinarse a fibras o, en el peor de los casos, a vertederos. La falta de esta tecnología impide que México alcance un ciclo verdaderamente cerrado, donde todos los tipos de PET puedan reintegrarse al flujo productivo. A pesar de esta limitación tecnológica, la industria del reciclaje en México ha mostrado un crecimiento sostenido. Como reportó Tecnología del Plástico (2022), el país superó el millón de



toneladas de plástico reciclado, consolidando su posición en la región. Este logro refleja el esfuerzo conjunto de la iniciativa privada, las asociaciones civiles y los recuperadores informales, aunque también evidencia que aún hay margen para avanzar hacia tecnologías más sofisticadas que permitan reciclar una fracción mayor de los residuos generados.

3.3 El reciclaje del PET en México

Hasta ahora se han revisado las tecnologías de reciclaje disponibles a nivel global y su aplicación en México. Sin embargo, comprender el reciclaje de PET no se limita a conocer los procesos técnicos; es igualmente importante visualizar cómo fluye el material a lo largo de todo el ciclo, desde que se convierte en residuo hasta que regresa al mercado como un nuevo envase. Para un lector no especializado, puede resultar abstracto comprender cómo se conectan cada una de las etapas que transforman una botella desechada en una nueva preforma. Es aquí donde el análisis del flujo completo cobra relevancia desde el punto de vista de la divulgación: permite visualizar de manera integrada los puntos críticos, las pérdidas y las oportunidades de mejora del sistema.

Entender el flujo del reciclaje del PET en México no es solo un ejercicio descriptivo, sino una herramienta para identificar los cuellos de botella que limitan la economía circular. Como se verá a continuación, el principal obstáculo no está en la tecnología de reciclaje (que existe y es de clase mundial), sino en la etapa más temprana: la separación en origen por parte de los hogares. Esta es una conclusión que solo se aprecia plenamente al observar el flujo completo, el cual se presenta en la **Figura 1**.

3.3.1 Descripción del flujo (etapa por etapa)

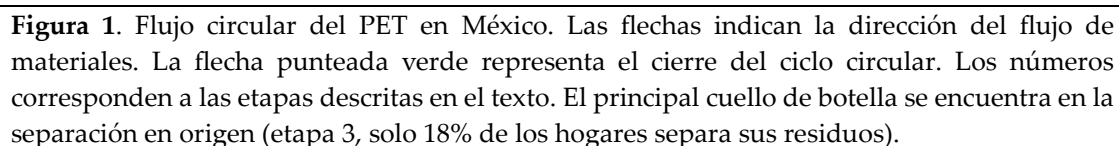
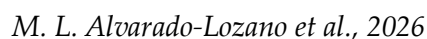
A continuación, se describe el proceso etapa por etapa, siguiendo el flujo representado en la **Figura 1**, donde cada etapa ha sido numerada del 1 al 11 para facilitar su identificación.

1. Consumo de bebidas en envases PET: Esta etapa (número 1 en la **Figura 1**) marca el inicio del ciclo. Genera unas 900,000 toneladas anuales de residuos. A partir de aquí, el flujo se divide en dos rutas: una virtuosa (reciclaje) y otra de pérdida (vertedero). La primera reinserta el material al mercado; la segunda es irreversible para la economía circular.
2. Desecho y recolección municipal: Una vez vacías, las botellas son desechadas por los hogares o establecimientos. En México, la recolección de residuos sólidos urbanos está a cargo de los municipios, aunque con grandes diferencias en cobertura y calidad entre regiones.
3. Separación en origen: Esta etapa (número 3 en la **Figura 1**) es el principal cuello de botella del sistema. Según datos reportados, solo el 18% de los hogares mexicanos separa sus residuos (principalmente en grandes ciudades). El 82% restante mezcla el PET con materia orgánica y otros plásticos, lo que reduce drásticamente su valor para el reciclaje.
4. Ramas del sistema (división de rutas):
 - Ruta de pérdida (No, 82%): El PET que no se separa en origen termina en vertederos o basureros a cielo abierto (etapa 5 en la **Figura 1**). Esta fracción representa entre el 37% y 40% del PET consumido y se pierde para la economía circular.
 - Ruta virtuosa (Sí, 18%): El PET separado correctamente entra al canal de acopio formal o informal (etapa 4 en la **Figura 1**) y continúa su camino hacia el reciclaje.
5. Acopio formal e informal: México cuenta con una red de centros de acopio (formales, operados por



- empresas o gobiernos) y una extensa cadena de recuperación informal (pepenadores, recolectores, chatarreros). Esta última es fundamental para alcanzar las altas tasas de recuperación del país.
6. Clasificación y triturado: El PET acopiado se clasifica por color (cristal, azul, verde) y se tritura en pequeñas hojuelas (flakes). La contaminación con otros plásticos (tapas de PP, etiquetas de PVC) es uno de los principales desafíos técnicos en esta etapa.
 7. Lavado alcalino y secado: Las hojuelas se someten a un lavado químico (generalmente con sosa cáustica) para eliminar adhesivos, residuos orgánicos y contaminantes superficiales. Posteriormente se secan para eliminar la humedad.
 8. Extrusión y peletizado (rPET): Las hojuelas limpias se funden y se extrusionan para formar pequeños gránulos de resina reciclada (rPET). Este paso es crítico porque aquí ocurre la pérdida de viscosidad intrínseca y la posible acumulación de acetaldehído.
 9. Inyección de preforma con % rPET: La resina reciclada (mezclada o no con resina virgen) se inyecta en moldes para producir preformas. Actualmente, el contenido promedio de rPET en nuevos envases es del 22%, con la meta de alcanzar el 30% en 2030.
 10. Soplado de botella nueva: La preforma se recalienta y se sopla dentro de un molde para adquirir la forma final de la botella. Esta etapa debe controlarse cuidadosamente cuando se usa rPET, ya que la menor viscosidad puede afectar la distribución del material.
 11. Vuelta al mercado: La nueva botella (que ya contiene material reciclado) se llena nuevamente con bebidas y regresa al consumidor. Esta etapa (número 11 en la **Figura 1**) cierra el ciclo circular, completando así la ruta virtuosa.

La relevancia de recorrer este flujo etapa por etapa (numeradas del 1 al 11 en la **Figura 1**) es que permite dimensionar que, aunque México cuenta con tecnología de clase mundial para el reciclaje (PetStar, IMER), el sistema sigue perdiendo más de un tercio del PET consumido. La principal causa no es técnica, sino cultural y de infraestructura: la falta de separación en origen en el 82% de los hogares mexicanos (etapa 3). Este hallazgo orienta las políticas públicas no solo hacia la inversión en plantas recicladoras, sino hacia la educación ambiental y la creación de centros de acopio en las regiones rezagadas.



El diagrama de flujo presentado en la sección anterior (**Figura 1**) muestra que, una vez superada la barrera de la separación en origen, el PET debe ser acopiado y transportado a centros de clasificación y reciclaje. Sin embargo, este acopio no ocurre de manera homogénea en todo el territorio nacional. Como se documenta a continuación, la infraestructura de reciclaje en México se concentra fuertemente en unas pocas entidades, mientras que amplias regiones del país especialmente el sureste carecen incluso de centros de acopio básicos. Esta heterogeneidad regional es un

factor crítico que explica por qué, a pesar de una tasa nacional de acopio del 60-63%, millones de toneladas de PET siguen terminando en vertederos o basureros a cielo abierto. Entender esta distribución geográfica es esencial para diseñar políticas públicas efectivas que permitan alcanzar la meta de acopio del 80% en 2030.

Utilizando datos de ECOCE (2025), ANIPAC (2024) y Chavolla Sánchez (2023), se construyó la **Tabla 2**, que muestra los volúmenes de acopio de PET por entidad o región.



Tabla 2. Acopio de PET por región/estado en México (2024-2025).

Región / Estado	Volumen anual (ton)	% del acopio nacional	Factores clave
ZMVM (CDMX + EDOMEX)	160,000 – 180,000	30-34%	Máxima densidad poblacional, cercanía a PetStar
Jalisco	55,000 – 65,000	10-12%	Cadena de acopio informal consolidada
Nuevo León	50,000 – 60,000	9-11%	Industria transformadora de plástico
Puebla+Veracruz+Querétaro	60,000 – 70,000	12-14%	Red que alimenta a PetStar
Resto (31 estados)	187,000 – 217,000	~35%	Acopio disperso, baja infraestructura

Como se observa en la **Tabla 2**, la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) concentra entre el 30% y el 34% del acopio nacional, lo que equivale a más de 160,000 toneladas anuales. Esta preeminencia se explica por su alta densidad poblacional (más de 20 millones de habitantes) y por la cercanía a la planta de reciclaje PetStar en Toluca, que demanda grandes volúmenes de PET posconsumo. En segundo plano, Jalisco y Nuevo León aportan entre el 10% y el 12% cada uno, gracias a cadenas de acopio informales bien establecidas y a la presencia de industrias transformadoras de plástico. La región conformada por Puebla, Veracruz y Querétaro aporta otro 12-14%, en gran medida porque alimenta directamente a PetStar a través de redes de acopio organizadas. El dato más revelador de la **Tabla 2** es que el resto de los 31 estados que en conjunto suman más de la mitad del territorio nacional y una parte importante de la población apenas contribuyen con el 35% del acopio. Esto significa que, en promedio, cada uno de esos estados recicla menos de 7,000 toneladas anuales, una cifra muy baja comparada con las más de 160,000 toneladas de la ZMVM.

3.4.2 Datos complementarios por estado o región

Para comprender mejor estas disparidades, a continuación, se presentan datos específicos de algunas entidades:

- **CDMX:** Cuenta con 32 centros de acopio formal registrados ante la SEMARNAT. Iztapalapa es la alcaldía que más PET entrega, debido a su alta densidad

poblacional y a la presencia de recuperadores informales organizados.

- **Jalisco:** Guadalajara tiene una tasa de separación de residuos del 18%, la más alta del occidente. La cadena de acopio informal está bien articulada y alimenta plantas trituradoras locales.
- **Nuevo León:** El 70% del PET acopiado se procesa localmente; el resto se exporta a Estados Unidos o se envía a plantas en Toluca. Monterrey es un centro neurálgico para la compraventa de plásticos reciclables.
- **Puebla:** A pesar de su ubicación geográfica cercana a una de las plantas de reciclaje de PET más importantes del país, el estado carece de una infraestructura formal de reciclaje que permita aprovechar esta ventaja. En muchos de sus municipios, el PET termina en rellenos sanitarios intermunicipales o en tiraderos a cielo abierto (Chavolla Sánchez, 2023). Este caso ilustra una paradoja recurrente en México: la proximidad a una planta recicladora de clase mundial no garantiza que los municipios aledaños cuenten con sistemas de acopio organizados.
- **Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Tabasco, Campeche y Yucatán** (excepto sus zonas metropolitanas) presentan una recuperación marginal de PET. En estas entidades, la mayor parte del material termina en rellenos



sanitarios, basureros a cielo abierto o, en el peor de los casos, directamente en cuerpos de agua. No existe un solo centro de acopio certificado por ECOCE en Chiapas, Oaxaca y Guerrero (ECOCE, 2025). Aunque en algunas capitales como Oaxaca de Juárez existen esfuerzos municipales de separación en origen, estos no se traducen en una cadena de valor formal debido a la ausencia de infraestructura para el acopio masivo y el procesamiento posterior del material.

3.4.3 El viaje circular del PET en México

La **Figura 2** complementa los datos estatales con una visión sintética de las seis etapas principales del proceso de reciclaje, desde el consumo hasta el retorno al mercado. A diferencia del diagrama de flujo detallado de la sección anterior (que desglosa 11 etapas), esta versión condensada agrupa los procesos clave en seis momentos clave: consumo, acopio, clasificación, reciclaje mecánico, producción de preforma y soplado.

El viaje circular del PET en México

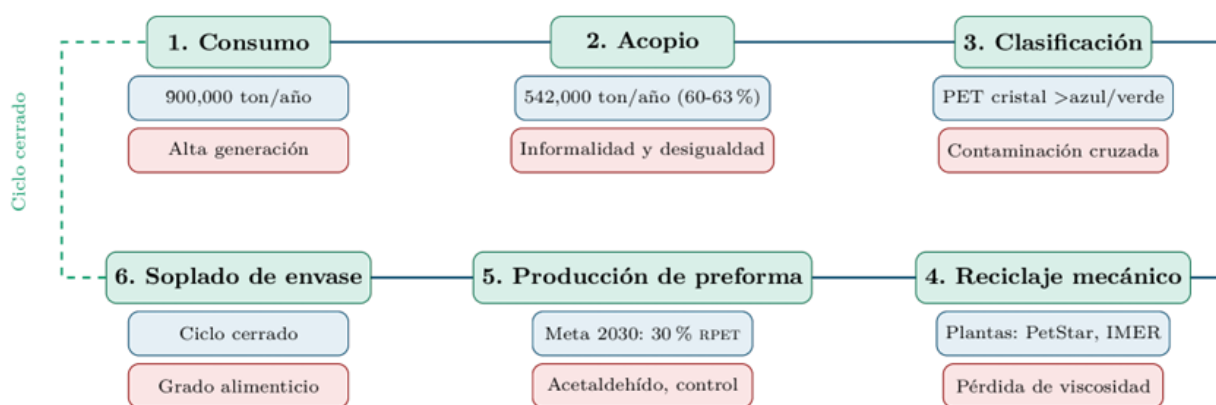


Figura 2. Etapas principales del proceso de reciclaje de PET en México. Las flechas muestran el flujo en forma de "serpiente": 1→2→3→4→5→6, con retorno circular de 6 a 1.

Como se aprecia en la **Figura 2**, las etapas 1 (Consumo), 2 (Acopio) y 3 (Clasificación) son las más afectadas por las desigualdades regionales documentadas en la **Tabla 2**. En las entidades con baja infraestructura de reciclaje, el acopio es casi nulo (etapa 2), lo que impide que el material llegue a las etapas 4 (Reciclaje mecánico), 5 (Preforma) y 6 (Soplado). Por el contrario, en la ZMVM, Jalisco y Nuevo León, el flujo completo opera con relativa eficiencia, cerrando el ciclo con la flecha punteada de retorno que

se observa en la parte izquierda de la **Figura 2**.

Para complementar esta visión cualitativa del flujo de reciclaje, la **Figura 3** presenta un diagrama de cascada que cuantifica las pérdidas de material en cada etapa del proceso. Esta representación gráfica permite dimensionar, de manera visual e intuitiva, dónde se concentran las mayores pérdidas de PET a lo largo de la cadena de valor.

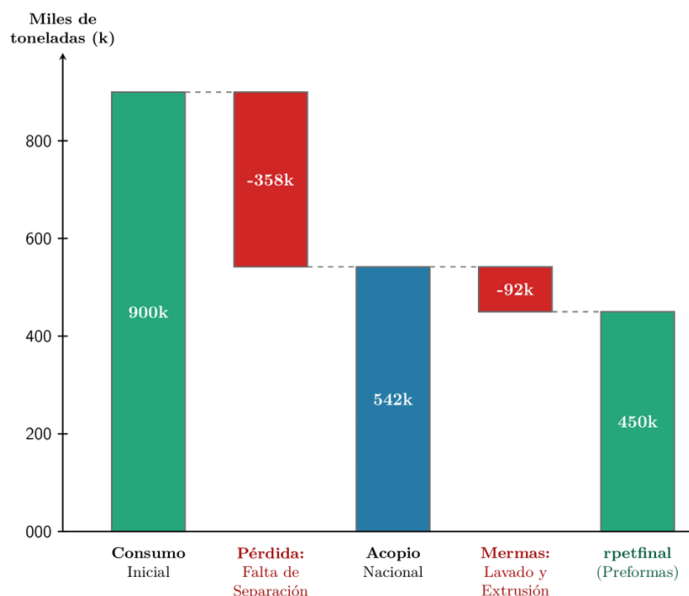


Figura 3. Diagrama en cascada del flujo másico de PET en México. La visualización evidencia que la caída más severa de material (358 mil toneladas) ocurre en la etapa de separación en origen, restando eficiencia al ciclo circular.

Como se observa en la **Figura 3**, la caída más abrupta en el flujo de material ocurre en la etapa de separación en origen, donde se pierden aproximadamente 358 mil toneladas de PET que terminan en vertederos. Esta pérdida, que representa casi el 40% del consumo inicial, confirma que el principal cuello de botella del sistema no es tecnológico sino social y de infraestructura. La gráfica también muestra que, una vez que el material entra en la cadena formal de reciclaje, las pérdidas por mermas industriales (lavado y extrusión) son relativamente menores (92 mil toneladas), lo que indica que el sistema de reciclaje mecánico en México opera con eficiencia aceptable cuando el material llega adecuadamente clasificado.

3.5 Desafíos desde la economía circular

Como se ha documentado en la sección anterior, cerrar la brecha regional entre el norte-centro y el sur-sureste es el principal desafío estructural para el reciclaje de PET en México. Sin embargo, no es el único. Desde una perspectiva de economía circular, el país enfrenta al menos cuatro familias de desafíos que operan de manera simultánea: técnicos, económicos, sociales y regulatorios

(Reyes Jaime *et al.*, 2024; SEMARNAT, 2020). Estos desafíos no son independientes entre sí. Por ejemplo, la falta de separación en origen (desafío social) agrava la contaminación cruzada (desafío técnico), lo que a su vez reduce el valor comercial del material reciclado (desafío económico) y desincentiva la inversión en infraestructura (desafío regulatorio). Comprender esta interrelación es fundamental para diseñar políticas públicas integrales.

3.5.1 Técnicos

Los desafíos técnicos se refieren a las limitaciones inherentes al proceso de reciclaje mecánico, que es el predominante en México. La pérdida de viscosidad intrínseca es uno de los problemas más críticos: la resina reciclada (rPET) tiene menor viscosidad que la resina virgen, lo que afecta el soplado de preformas, especialmente para bebidas carbonatadas que requieren una VI superior a 0.82 dL/g para soportar la presión interna del gas. Cada ciclo de extrusión acorta las cadenas poliméricas, reduciendo progresivamente la calidad del material.

Otro problema técnico relevante es la acumulación de acetaldehído durante los



ciclos térmicos repetidos del reciclaje. Este compuesto orgánico volátil migra al contenido de la botella y altera su sabor, lo que resulta inaceptable para agua purificada o bebidas de sabor neutro, limitando el porcentaje de rPET que puede incorporarse en envases de grado alimenticio. A ello se suma la contaminación cruzada: las tapas de polipropileno (PP), las etiquetas de PVC o los residuos orgánicos adheridos a las botellas no siempre se separan adecuadamente durante el lavado, degradando la calidad del reciclado, reduciendo su precio de mercado y pudiendo dañar la maquinaria de extrusión.

3.5.2 Económicos

Los desafíos económicos están vinculados a la viabilidad financiera del reciclaje en un mercado globalizado y volátil. El precio del PET virgen, derivado del petróleo, puede volverse inferior al del rPET cuando el crudo abarata, desincentivando su uso por parte de los embotelladores. Esta volatilidad introduce incertidumbre en el negocio del reciclaje y dificulta la planificación a largo plazo. A esto se suma la informalidad en la cadena de acopio: la mayor parte del PET recuperado en México llega a través de recuperadores informales (pepenadores, recolectores, chatarrereros). Si bien esta red es eficiente en volumen, no reconoce el valor real del material, no garantiza trazabilidad ni condiciones laborales dignas. La informalidad también dificulta la implementación de sistemas de pago electrónico y de certificación de origen.

3.5.3 Sociales

Los desafíos sociales se refieren a las conductas, percepciones y condiciones laborales de los actores involucrados en el reciclaje. La baja separación en origen es uno de los principales obstáculos: solo el 18% de los hogares mexicanos separa sus residuos, principalmente en grandes ciudades. El 82% restante mezcla el PET con materia orgánica, papel, vidrio y otros plásticos, lo que contamina el material, reduce su valor y aumenta los costos de limpieza en las plantas recicladoras. Otro aspecto crítico es

la precariedad laboral de los recuperadores de base. Los pepenadores y recolectores informales operan sin seguridad social, sin equipamiento de protección y con ingresos inestables. Su labor es ambientalmente crucial, pero socialmente invisibilizada. La transición hacia una economía circular requiere formalizar este sector sin destruir los medios de vida existentes.

3.5.4 Regulatorios

Los desafíos regulatorios tienen que ver con el marco normativo y su aplicación homogénea en el territorio nacional. El marco normativo mexicano establece metas progresivas: 20% de rPET en envases para 2025 (ya superado, con un 22% real), 25% para 2028 y 30% para 2030, de acuerdo con el Acuerdo Nacional para la Nueva Economía de los Plásticos. Sin embargo, estas metas son de cumplimiento voluntario en muchos casos, lo que limita su efectividad. La falta de homogeneidad estatal es otra barrera importante. La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos no se aplica de manera uniforme en los estados: solo 12 entidades federativas cuentan con leyes estatales de residuos que incluyen metas específicas para plásticos (Reyes Jaime *et al.*, 2024). Esta fragmentación normativa genera incertidumbre para los inversores y limita la escalabilidad de las soluciones. Recientemente se han presentado iniciativas para prohibir envases PET en bebidas azucaradas (Navarro Pérez, 2025), lo que evidencia la creciente presión regulatoria sobre el sector.

3.5.5 Interrelación de los desafíos

Los cuatro tipos de desafíos no operan de manera aislada. La baja separación en origen (desafío social) agrava la contaminación cruzada (desafío técnico), que a su vez reduce la calidad del rPET y disminuye su precio de mercado (desafío económico). La volatilidad del precio del petróleo (desafío económico) desincentiva la inversión en plantas de reciclaje químico (desafío técnico), mientras que la falta de homogeneidad regulatoria (desafío



regulatorio) limita la formalización de los recuperadores de base (desafío social). Esta interrelación implica que las políticas públicas no pueden abordar cada desafío por separado; se requiere una estrategia integral que atienda simultáneamente las cuatro dimensiones. Como se verá en la siguiente sección, la industria del reciclaje de PET en México ha trazado un rumbo hacia 2030 que intenta responder a estos desafíos, con metas concretas de contenido reciclado, inversiones en tecnología y esquemas de formalización del acopio.

3.6 Rumbo de la industria

La industria del reciclaje de PET en México ha trazado un rumbo con tres ejes principales: el cumplimiento de metas regulatorias de contenido reciclado, la adopción de tecnologías emergentes y la implementación de estrategias para cerrar la brecha regional en el acopio.

3.6.1 Metas de contenido reciclado

De acuerdo con el Acuerdo Nacional para la Nueva Economía de los Plásticos, el marco normativo mexicano establece metas progresivas de contenido de material reciclado en envases. Como se aprecia en la **Tabla 3**, la meta del 20% para 2025 ya fue superada, alcanzando un 22% real de contenido reciclado en nuevos envases. Sin embargo, el salto hacia el 30% en 2030 exigirá no solo mantener el ritmo de crecimiento, sino duplicar los esfuerzos en acopio y procesamiento. Los grandes embotelladores del país, como Coca-Cola FEMSA y Arca Continental, han establecido metas internas aún más ambiciosas, fijando objetivos del 50% de rPET para finales de la década.

3.6.2 Tecnologías en desarrollo

Para cumplir con estas metas, la industria está explorando diversas rutas tecnológicas que permitan mejorar la calidad del material reciclado y ampliar los tipos de PET que pueden ser procesados. En primer lugar, se trabaja en la mejora del reciclaje mecánico mediante sistemas de SSP (poliestado

sólido) más eficientes y el desarrollo de aditivos que ayuden a restaurar la viscosidad perdida durante los ciclos de extrusión. En segundo lugar, se vislumbra la posible llegada del reciclaje químico a México. Se espera que hacia 2028-2030 alguna planta de despolimerización comience operaciones en el país, probablemente con tecnología europea o asiática, lo que permitiría procesar PET coloreado, opaco o altamente contaminado que actualmente no puede ser reciclado mecánicamente. Finalmente, la digitalización del acopio se perfila como una herramienta clave para formalizar la cadena de valor. El uso de aplicaciones móviles, rutas inteligentes de recolección y centros de acopio con pago electrónico permitiría registrar volúmenes, mejorar la trazabilidad del material y ofrecer condiciones más justas a los recuperadores de base.

3.6.3 Estrategias para alcanzar la meta de acopio 2030

La meta nacional de alcanzar una tasa de acopio del 80% para 2030 requiere acciones más allá de mantener el desempeño de las regiones líderes. Con base en los datos presentados en la **Tabla 2**, se estima que se necesitarían al menos 50 nuevos centros de acopio formales, distribuidos estratégicamente en el sur-sureste especialmente en Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Tabasco, Campeche y Yucatán, además de incentivos fiscales para la instalación de plantas trituradoras regionales. La experiencia de Jalisco y Nuevo León sugiere que la formalización de la cadena de acopio informal, mediante el reconocimiento y la capacitación de los recuperadores de base, puede aumentar significativamente los volúmenes recuperados. En síntesis, cerrar la brecha regional entre el norte-centro y el sur-sureste es el principal desafío estructural que México debe superar para consolidar su liderazgo en reciclaje de PET en el marco de la economía circular.

**Tabla 3. Metas de contenido reciclado y acopio en México.**

Año	% rPET mínimo en envases	Tasa de acopio objetivo
2025	20% (cumplido: 22%)	60-63% (cumplido)
2028	25%	70%
2030	30%	80%

3.6.4 Escenarios prospectivos

De acuerdo con la trayectoria actual y las metas establecidas, es posible delinear dos escenarios posibles hacia 2030. En un escenario optimista, México alcanzaría el 80% de acopio, con una industria formalizada que incluye al menos una planta de reciclaje químico en operación. La cadena de acopio estaría digitalizada, los recuperadores de base contarían con condiciones laborales dignas y las metas de contenido reciclado se cumplirían e incluso superarían, posicionando al país como referente mundial en economía circular del plástico. En un escenario pesimista, la falta de inversión en infraestructura estatal particularmente en el sur-sureste mantendría la concentración regional actual, con solo el centro-norte cumpliendo las metas de 2030. La informalidad persistiría, las plantas de reciclaje químico no llegarían a instalarse y el país seguiría dependiendo de la exportación de material reciclable en bruto, perdiendo valor agregado y oportunidades de desarrollo. La diferencia entre uno y otro escenario dependerá de las decisiones que se tomen en los próximos años en materia de política pública, inversión privada y coordinación entre los sectores involucrados.

4. Reflexiones finales y/o conclusiones

Esta revisión bibliográfica confirma que México es un caso paradigmático en el reciclaje de PET para América Latina, con tasas de acopio superiores al 60% y plantas de reciclaje mecánico de clase mundial. Sin embargo, desde una perspectiva de economía circular, el país aún enfrenta tres brechas críticas que limitan la plena circularidad del material. La primera es la brecha regional: el reciclaje se concentra en menos de diez estados, mientras que el sur-sureste incluyendo Chiapas, Oaxaca,

Guerrero y otras entidades permanece sin infraestructura de valorización, lo que perpetúa la desigualdad en la gestión de residuos. La segunda es la brecha tecnológica: el país depende exclusivamente del reciclaje mecánico y carece de reciclaje químico a escala comercial, lo que impide procesar PET coloreado o muy degradado y limita la circularidad del material. La tercera es la brecha regulatoria: las metas de 30% de rPET para 2030 son factibles solo si se homogeneizan las políticas estatales y se incentiva la separación en origen en todo el territorio, acompañadas de mecanismos de cumplimiento efectivos.

El futuro del reciclaje de PET en México ya no depende solo de acopiar más botellas, sino de acopiar mejor, tecnificar los procesos de inyección de preformas y descentralizar la infraestructura hacia los estados rezagados. Los diferentes escenarios analizados sugieren que el rumbo de la industria debe priorizar la digitalización y formalización del acopio para garantizar la trazabilidad del material, en conjunto con la introducción de tecnologías de despolimerización química. El éxito de la economía circular del plástico en el contexto mexicano no dependerá únicamente de la capacidad de optimización de sus plantas de vanguardia, sino de la habilidad del Estado y la iniciativa privada para democratizar la gestión de residuos, transformar las condiciones socioeconómicas del reciclador de base y unificar los criterios regulatorios. Solo así se podrá hablar de una verdadera economía circular del PET en el país.

Financiamiento: Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Contribución de los autores: Conceptualización, J.S.-L. y M.L.A.-L.; metodología, J.S.-L. y A.S.-G.; validación, J.S.-L. y A.S.-G.; análisis formal, M.L.A.-L.;



investigación, M.L.A.-L.; recursos, J.S.-L.; curación de datos, M.L.A.-L. y A.S.-G.; redacción: preparación del borrador original, M.L.A.-L.; redacción: revisión y edición, J.S.-L. y A.S.-G.; visualización, M.L.A.-L. y A.S.-G.; supervisión, J.S.-L.; administración del proyecto, J.S.-L. Todos los autores han leído y están de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica de Huejotzingo por las facilidades institucionales y el espacio de diálogo académico que hicieron posible esta investigación. Asimismo, se reconoce el apoyo de la Asociación Nacional de Industrias del Plástico (ANIPAC) y ECOCE por la disponibilidad de sus informes técnicos.

Referencias

- ANIPAC. (2024). Estudio cuantitativo de la industria del reciclaje de plásticos en México. Asociación Nacional de Industrias del Plástico. <https://anipac.org.mx/wp-content/uploads/2023/02/Estudio-Cuantitativo-de-la-Industria-del-Reciclaje-en-Mexico-VF.pdf>
- ANIPAC. (2025). 5º Informe del Acuerdo Nacional para la Nueva Economía del Plástico en México. Asociación Nacional de Industrias del Plástico. <https://anipac.org.mx/wp-content/uploads/2025/06/5o-informe-Acuerdo-Nacional-Plasticos-2.pdf>
- Arredondo Gutiérrez, U., Aguilar Ramírez, M., Meza Enríquez, M. F., Jaime Villanueva, A. Y. L., Villafan Parra, C. F., Mosqueda Huerta, Z. J., & Riesco Ávila, J. M. (2023). Evaluación de la despolimerización quimiolítica del PET como método alternativo de reciclaje. *Jóvenes en la Ciencia*, 21, 1-14. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3980>
- Chavolla Sánchez, H. (2023). ¿Quién gobierna la basura y el reciclaje? *InterNaciones*, (24), 209-226. <https://doi.org/10.32870/in.vi24.7237>
- ECOCE, A. C. (2025). Plan nacional privado colectivo de manejo de envases post-consumo de PET, PEAD, aluminio y otros. ECOCE. <https://www.ecoce.mx/enlace-al-documento>
- El Periódico de Saltillo. (2026, mayo 22). México produce casi 140 mil toneladas diarias de residuos sólidos urbanos. *El Periódico de Saltillo*. <https://elperiodicodesaltillo.com/wp/2026/05/22/mexico-produce-casi-140-mil-toneladas-diarias-de-residuos-solidos-urbanos/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Hacia la economía circular: acelerar la transición a escala. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es>
- Grigore, M. E. (2017). Methods of recycling properties of poly(ethylene terephthalate). *Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry*, 5(1), 1-11. <https://doi.org/10.12691/jpbpc-5-1-1>
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: Challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115-2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>
- Navarro Pérez, B. A. (2025, octubre 15). Iniciativa con proyecto de decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 5, 7, 25 y 100 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en materia de prohibición de envases PET en bebidas azucaradas. Cámara de Diputados, LXVI Legislatura. Sistema de Información Legislativa (SIL). https://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2025/10/asun_4950874_20251015_1760135291.pdf



PetStar. (2025). Informe de Sustentabilidad PetStar 2025. PetStar. <https://www.petstar.mx>

Ragaert, K., Delva, L., & Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*, 69, 24-58. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.044>

Reyes Jaime, A., Aguilar Ibarra, A., Anglés Hernández, M., & Güereca Hernández, L. P. (2024). Legislaciones estatales para los plásticos de un sólo uso en México: ¿Qué sectores están incluidos? *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 40, e54930. <https://doi.org/10.20937/rica.54930>

SEMARNAT. (2015). Residuos sólidos urbanos: Encarte. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/39412/RESIDUOS_SOLIDOS_URBANOS_ENCARTES.pdf

SEMARNAT. (2020). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/diagnostico-basico-para-la-gestion-integral-de-los-residuos>

Tecnología del Plástico. (2022, enero 26). México pasa el millón de toneladas recicladas en plástico. *Plástico.com*. <https://www.plastico.com/es/noticias/mexico-pasa-el-millon-de-toneladas-recicladas-en-plastico>

Umdagas, L., Orozco, R., Heeley, K., Thom, W., & Al-Duri, B. (2025). Advances in chemical recycling of polyethylene terephthalate (PET) via hydrolysis: A comprehensive review. *Polymer Degradation and Stability*, 234, 111246. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2025.111246>

Welle, F. (2011). Twenty years of PET bottle-to-bottle recycling: An overview. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(11), 865-875. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.04.009>