

Transdigital[®]

revista científica



Volumen 7, número 13: Enero-junio 2026

ISSN: 2683-328X

Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S. C.

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Hasta ahora, la revista ha sido indizada en: *Latindex*, *Dialnet*, *ERIHPLUS*, *REDIB*, *EuroPub*, *LivRe*, *AURA*, *Academic Resource Index (ResearchBib)*, *MIAR*, *OpenAire-Explore*, *Refseek*, *Sherpa Romeo*, *Elektronische Zeitschriftenbibliothek*, *ZDB Zeitschriften Datenbank*, *WorldCat*, *Dimensions*, *The University of Liverpool*, *Discovery*, *Erasmus University Rotterdam*, *Mir@bel*, *REBIUN*, *DARDO*, *UOCI*, *LatinRev*, *ROAD*, *Google Scholar*, *Crossref*, *Scite*, *Lens*, *Internet Archive*, *BASE*, *OpenAlex*, *Semantic Scholar* y *ScienceOpen*. Dirección oficial: Circuito Altos Juriquilla 1132. C.P. 76230, Querétaro, México. Tel. +52 (442) 301-3238. Página web oficial: www.revista.transdigital.mx. Correo electrónico: revista@transdigital.mx.

Editor en jefe: Alexandro Escudero-Nahón (ORCID: 0000-0001-8245-0838). Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102. International Standard Serial Number (ISSN): 2683-328X; ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor (México). Responsable de la última actualización: Editor en jefe: Alexandro Escudero-Nahón. Todos los artículos en la revista *Transdigital* están licenciados bajo Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Usted es libre de: Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato. Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente. La persona licenciante no puede revocar estas libertades en tanto usted siga los términos de la licencia. Lo anterior, bajo los siguientes términos: Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante. No hay restricciones adicionales — No puede aplicar términos legales ni medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otras a hacer cualquier uso permitido por la licencia.



Transdigital[®]

revista científica

ESTADO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS DE
MOLDEO TÉRMICO PARA RECICLAJE DE PLÁSTICOS:
UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

STATE OF THE ART OF THERMAL MOLDING
TECHNOLOGIES APPLIED TO PLASTIC RECYCLING:
A SYSTEMATIC REVIEW



Jéssica Lizbeth Córdova Palma
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México
ORCID: 0009-0003-5784-9857



Arnulfo López Ramos
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México
ORCID: 0000-0001-8974-6260



José Aurelio Sosa Olivier
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México
ORCID: 0000-0001-6786-0521



José Ramón Laines Canepa*
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México
ORCID: 0000-0002-6770-5596



ESTADO DEL ARTE DE LAS TECNOLOGÍAS DE MOLDEO TÉRMICO PARA RECICLAJE DE PLÁSTICOS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

STATE OF THE ART OF THERMAL MOLDING TECHNOLOGIES APPLIED TO PLASTIC RECYCLING: A SYSTEMATIC REVIEW

RESUMEN

La creciente generación de residuos plásticos y limitada eficiencia de los sistemas de reciclaje exigen tecnologías capaces de transformar materiales recuperados con estabilidad y desempeño. El objetivo de esta revisión sistemática fue sintetizar los avances recientes en tecnologías de moldeo térmico aplicadas al reciclaje de plásticos. Se desarrolló conforme a las directrices *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020. La búsqueda se realizó en las bases de datos *Scopus* y *Web of Science* el 27 de mayo de 2025, aplicando filtros de accesibilidad, idioma, tipo de documento y el periodo 2014–2024. Tras el cribado y la aplicación de criterios de inclusión-exclusión, se seleccionaron 26 artículos para el análisis cualitativo. Los resultados indican que el moldeo por inyección constituye la tecnología más empleada para procesar polímeros reciclados, seguido del moldeo por compresión y, con menor frecuencia, rotomoldeo, termoformado y los procesos de película fundida. Las poliolefinas recicladas (Polipropileno y Polietileno) predominan como materias primas, mientras que Tereftalato de Polietileno, Poliestireno y Acrilonitrilo Butadieno Estireno presentaron menor frecuencia de uso. La evidencia indica que los parámetros de proceso, la compatibilización, el refuerzo y el historial térmico influyen de manera determinante en la eficiencia del moldeo y en el desempeño del material reciclado. Adicionalmente, se identificaron avances en el desarrollo de equipos y en la integración de etapas de acondicionamiento previo. En conjunto, los hallazgos sugieren que un enfoque integrado de control térmico, formulación y diseño del proceso es esencial para mejorar la estabilidad y la calidad de los productos fabricados a partir de polímeros reciclados.

Palabras clave: reciclaje de plásticos, tecnologías de moldeo, polímeros, propiedades mecánicas, reciclaje mecánico

ABSTRACT

The increasing generation of plastic waste and the limited efficiency of recycling systems demand technologies capable of transforming recovered materials with stability and performance. The objective of this systematic review was to synthesize recent advances in thermal molding technologies applied to plastic recycling. The review was conducted in accordance with the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) 2020 guidelines. The search was carried out in the Scopus and Web of Science databases on May 27, 2025, applying filters for accessibility, language, document type, and the 2014–2024 period. After screening and the application of inclusion and exclusion criteria, 26 articles were selected for qualitative analysis. The results indicate that injection molding is the most widely used technology for processing recycled polymers, followed by compression molding and, less frequently, rotational molding, thermoforming, and cast film processes. Recycled polyolefins (polypropylene and polyethylene) predominate as raw materials, whereas polyethylene terephthalate, polystyrene, and acrylonitrile butadiene styrene show lower usage frequency. The evidence indicates that process parameters, compatibilization, reinforcement, and thermal history have a decisive influence on molding efficiency and the performance of recycled materials. In addition, advances were identified in equipment development and in the integration of pre-conditioning stages. Overall, the findings suggest that an integrated approach combining thermal control, formulation, and process design is essential to improve the stability and quality of products manufactured from recycled polymers.

Keywords: plastic recycling, molding technologies, polymers, mechanical properties, mechanical recycling

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de plásticos supera los 400 millones de toneladas anuales y menos del 10% se recicla de forma efectiva; el resto se destina a vertederos o termina disperso en ecosistemas terrestres y marinos (Programa para el medio ambiente [UNEP], 2023; Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2022). El ciclo de vida de los plásticos, que incluye la extracción de materias primas, polimerización, manufactura, transporte, uso y disposición final, generó aproximadamente 1.8 toneladas métricas de emisiones de gases de efecto invernadero en 2019, lo que representa el 3.4 % de las emisiones globales (UNEP, 2023). Este escenario evidencia la necesidad de fortalecer las estrategias de reciclaje para reducir la demanda de materiales vírgenes y las emisiones asociadas a su producción. En México, se estiman alrededor de 5.7 millones de toneladas de residuos plásticos mal gestionados anualmente, lo que subraya la necesidad de implementar tecnologías de valorización más eficientes (World Wildlife Fund [WWF], 2024).

Entre las rutas disponibles, el reciclaje mecánico constituye la alternativa predominante y más versátil, representando más del 90 % del plástico reciclado a nivel global (Chen & Hu, 2024). Este proceso permite reprocesar polímeros sin modificar su estructura química, mediante operaciones de clasificación, lavado, trituración y extrusión (Li et al., 2022). Los termoplásticos como Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Tereftalato de Polietileno (PET) y Polivinilo (PVC), representan cerca del 80 % del consumo total de plásticos, lo que explica su predominancia en el reciclaje mecánico dada su capacidad para fundirse y reprocesarse múltiples veces (Sultana et al., 2022). Una vez regranulados o convertidos en escamas, los materiales requieren técnicas de conversión para su transformación en productos finales; destacan moldeo por inyección y extrusión, ampliamente utilizadas tanto para polímeros vírgenes como reciclados (Ragaert et al., 2017).

Las tecnologías de moldeo térmico convencional constituyen los procesos industriales más consolidados para la fabricación de productos plásticos (Polychronopoulos & Vlachopoulos, 2018). Estas tecnologías operan mediante la fusión del polímero, con flujo controlado hacia un molde o matriz y su posterior solidificación, lo que proporciona eficiencia, repetibilidad y escalabilidad de producción. El moldeo por inyección representa cerca del 43 % del procesamiento global de plásticos (Kalauni et al., 2025) y resulta fundamental para la producción de envases, componentes automotrices y piezas de ingeniería, entre otras aplicaciones (Fu et al., 2020; Czepiel et al., 2023). No obstante, los polímeros reciclados presentan variaciones en peso molecular, cristalinidad y estabilidad térmica, lo que demanda ajustes específicos en los parámetros de moldeo para obtener propiedades comparables al material virgen.

Aunque estas tecnologías están ampliamente implementadas industrialmente, la evidencia científica sobre su aplicación en polímeros reciclados permanece dispersa y heterogénea, lo que limita la identificación de tendencias, enfoques metodológicos y aportes tecnológicos sistemáticos. En este contexto, la presente revisión sistemática, desarrollada conforme a los lineamientos *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020, tuvo como propósito sintetizar la evidencia reciente sobre tecnologías de moldeo térmico

convencional aplicadas al reciclaje de plásticos sintéticos, describiendo líneas de investigación, métodos experimentales y aportes tecnológicos. El alcance se limitó al moldeo térmico convencional, excluyendo manufactura aditiva

2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

La presente revisión sistemática se estructuró con base en un protocolo previamente definido por los autores, que incluyó la pregunta de investigación, la estrategia de búsqueda, criterios de selección, y procesamiento de extracción y síntesis de información. Dado el alcance ingenieril del estudio, el protocolo no fue registrado en plataformas públicas.

Esta investigación se desarrolló bajo el enfoque de una revisión sistemática de la literatura, orientada a identificar y analizar los avances recientes en tecnologías de moldeo térmico aplicadas al reciclaje mecánico de plásticos, evaluando su influencia en la eficiencia del proceso y en la calidad del producto moldeado. La revisión se llevó a cabo siguiendo las directrices de la declaración PRISMA 2020, con el propósito de garantizar la transparencia, exhaustividad y reproducibilidad del procedimiento metodológico (Page et al., 2021).

La pregunta de investigación que guió esta revisión fue: ¿Cuáles son los avances y tendencias que reporta la literatura reciente sobre el uso de tecnologías de moldeo térmico convencional aplicadas en el reciclaje de plástico? Para responderla, se estableció un protocolo de búsqueda sistemática realizado el 27 de mayo de 2025, utilizando las bases de datos *Web of Science* y *Scopus*, elegidas por su cobertura y especialización en ingeniería de materiales y ciencia de polímeros.

Con base en los criterios definidos por la pregunta de investigación, se formuló una ecuación semántica booleana que combinó términos relacionados con las tecnologías de moldeo térmico, reciclaje de plásticos e indicadores de desempeño. La ecuación general empleada fue la siguiente:

(casting technolog OR molding technolog* OR casting method* OR mold technolog* OR casting process*) AND (plastic recycl* OR polymer recycl* OR plastic waste OR waste plastic* OR plastic reuse) AND (advancement* OR innovation* OR improvement* OR development* OR performance OR efficiency OR process improvement*)**

Dado que cada base de datos establece diferencias sintácticas, la ecuación se ajustó a las especificaciones de cada plataforma:

Web of Science (versión original):

(casting technolog OR molding technolog OR casting method* OR mold technolog* OR casting process*) AND (plastic recycl* OR polymer recycl* OR plastic waste OR waste plastic* OR plastic reuse) AND (advancement* OR innovation* OR improvement* OR development* OR performance OR efficiency OR process improvement*).*

Scopus (versión modificada):

("casting technology" OR "molding technology" OR "casting method" OR "mold technology" OR "casting process") AND ("plastic recycling" OR "polymer recycling" OR "plastic waste" OR "waste plastics" OR "plastic reuse") AND (advancements OR innovations OR improvements OR development OR performance OR efficiency OR "process improvement").

Con el objetivo de refinar los resultados y garantizar la pertinencia temática, se aplicaron los filtros generales que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Filtros aplicados durante la búsqueda sistemática

Criterio	Descripción
Lapso de tiempo	2014 – 2024
Tipo de documento	Artículos científicos
Idioma	Inglés
Acceso abierto	Sí

Adicionalmente, en la base de datos Scopus se aplicaron filtros por subáreas temáticas con el fin de mejorar la pertinencia de los resultados. Las subáreas seleccionadas fueron: *reciclaje de plástico, propiedades mecánicas, polímero, resistencia a la compresión, plástico reforzado, mezcla de polímeros, productos de plástico, polipropileno, estabilidad termodinámica, moldeo por inyección, residuos plásticos, método de fundición por solución, tereftalatos de polietileno, método de fundición, extrusión, resistencia a la flexión, poliestireno, polietilenos y fundición.*

El proceso de selección de los estudios incluidos se desarrolló conforme a las fases de identificación, cribado o selección e incluido, establecidas en la declaración PRISMA 2020. Durante la fase de cribado, los registros obtenidos se organizaron y depuraron mediante el software gestor de referencias Mendeley, utilizado para eliminar los duplicados. Posteriormente, se revisaron los títulos y resúmenes para descartar estudios con enfoques distintos al de la revisión, así como aquellos artículos que, pese a cumplir con la temática general, no fueron accesibles en texto completo.

Los documentos restantes fueron analizados a texto completo aplicando de manera sistemática los criterios de inclusión y exclusión descritos en la Tabla 2. Los estudios que cumplieron con todos los criterios establecidos conformaron el conjunto final de trabajos seleccionados en la fase de incluido, considerados para el análisis cualitativo. El flujo completo del proceso se presenta en el diagrama de flujo PRISMA (Figura 1), donde se sintetizan los registros identificados, filtrados, excluidos y finalmente incluidos en la revisión.

Tabla 2

Criterios de inclusión y exclusión aplicados en la revisión sistemática

criterio	Inclusión (I)	Exclusión (E)
1. Tipo de proceso	Enfoque en tecnologías de moldeo térmico convencional aplicadas al reciclaje: estudios que analizan, optimizan o evalúan procesos de moldeo térmico convencional de plásticos, como inyección, compresión, extrusión, rotomoldeo o fundición de película.	Procesos ajenos al moldeo térmico convencional: estudios centrados en rutas de valorización no térmicas o procesos de manufactura distintos al moldeo, como reciclaje químico, biodegradación o manufactura aditiva.
2. Tipo de material	Uso de plásticos sintéticos posconsumo o postindustriales como materia prima: investigaciones que emplean plásticos reciclados sintéticos, utilizados total o parcialmente como materia prima en procesos de moldeo, con o sin aditivos o refuerzos.	Empleo de plásticos vírgenes o no reciclados: estudios que utilizan plásticos de primera síntesis o materiales sin contenido reciclado verificable.
3. Tipo de evidencia	Resultados experimentales sobre eficiencia del proceso o calidad del producto: estudios que presentan datos empíricos sobre propiedades mecánicas, térmicas, reológicas o indicadores de eficiencia del proceso.	Ausencia de resultados experimentales: estudios teóricos, revisiones narrativas o simulaciones sin datos experimentales verificables.
4. Enfoque de la investigación	Enfoque tecnológico o de mejora del proceso de moldeo: investigaciones que aportan innovaciones técnicas, optimización de parámetros o estrategias que mejoran la eficiencia del proceso o la calidad del producto moldeado.	Falta de enfoque tecnológico o de mejora del proceso: estudios que aplican procesos de moldeo sin aportar optimización, innovación o análisis orientado a la mejora del proceso o del desempeño del material reciclado.

3. RESULTADOS

3.1. Selección de estudios

El proceso de selección de los estudios incluidos se realizó conforme a las directrices PRISMA 2020. Inicialmente se identificaron 1,868 registros: 1,089 procedentes de Web of Science y 779 de Scopus. Posteriormente, se aplicaron los filtros establecidos en la Tabla 1, lo que permitió descartar 1,443 registros de la búsqueda inicial.

Los registros restantes fueron exportados al gestor bibliográfico Mendeley, donde se identificaron y eliminaron 11 duplicados. Tras esta depuración, 414 estudios avanzaron a la fase de cribado.

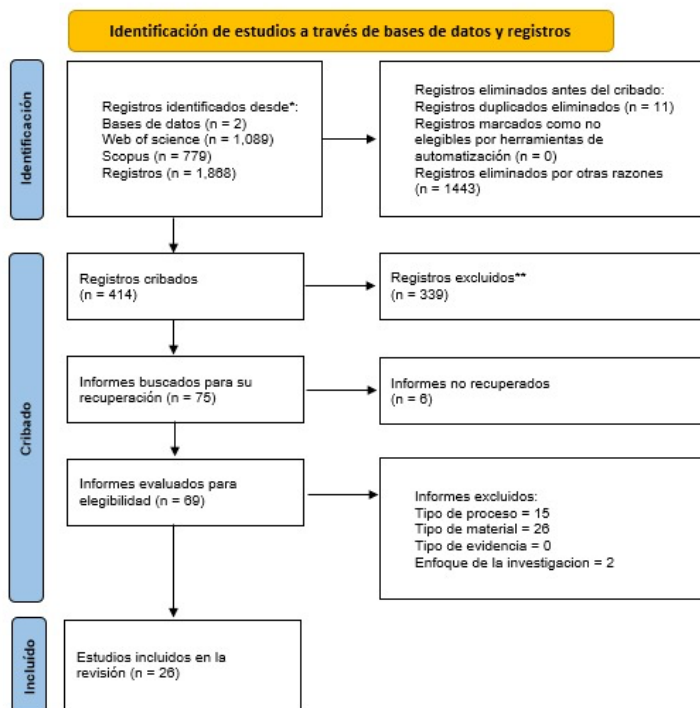
Durante la fase de cribado, mediante la lectura de títulos y resúmenes se descartaron 339 registros al no alinearse con el enfoque temático de la revisión. Adicionalmente, se excluyeron 6 artículos por falta de acceso o legibilidad del texto completo, resultando en 69 estudios para evaluación a texto completo.

En esta etapa se aplicaron de forma sistemática los criterios de inclusión y exclusión especificados en la Tabla 2. Como resultado, fueron excluidos 15 artículos por no corresponder al tipo de tecnología de moldeo térmico convencional, 26 por no emplear el tipo de material establecido (plásticos reciclados sintéticos posconsumo o postindustriales) y 2 por no aportar elementos de innovación o mejoramiento en el proceso de moldeo. Finalmente, 26 artículos cumplieron todos los criterios y se integraron en la fase de incluido, conformando la base final de análisis cualitativo.

La Figura 1 sintetiza el flujo completo del proceso de selección, representando el número de registros identificados, depurados, excluidos y finalmente incluidos en la revisión.

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA 2020



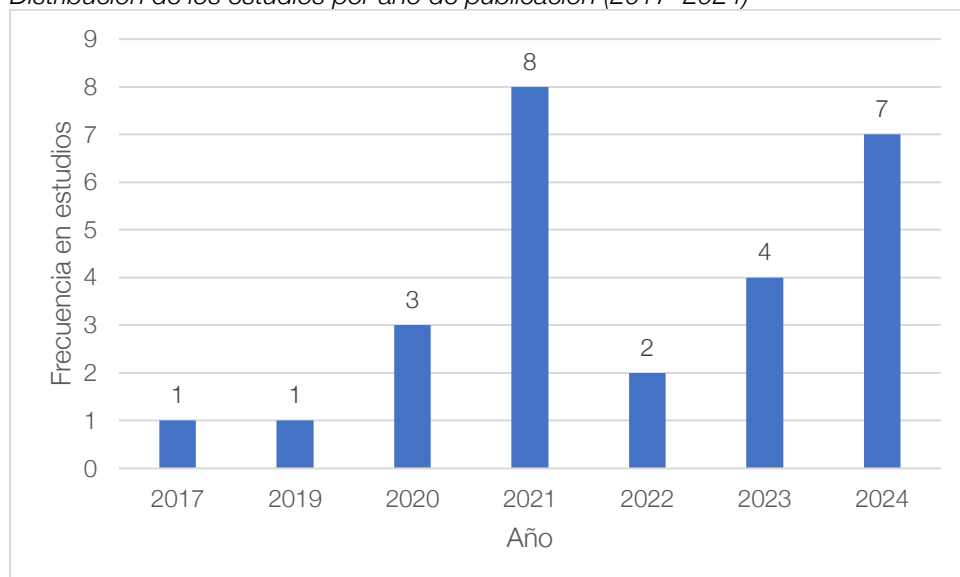
3.2 Caracterización y descripción de los estudios incluidos

Los 26 estudios incluidos abarcan el periodo 2017–2024, con incremento sostenido en el volumen de publicaciones desde 2020.

La Figura 2 muestra la distribución temporal de los estudios incluidos, donde se observa una concentración significativa de estudios entre 2020 y 2024, representando más del 80 % del total de publicaciones analizadas.

Figura 2

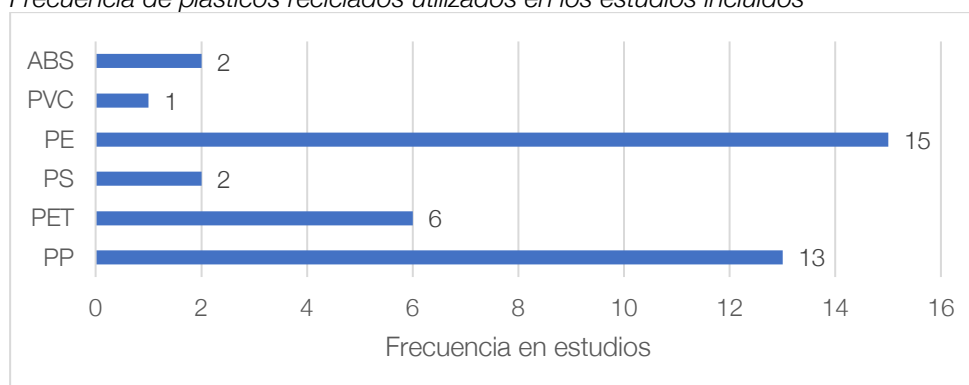
Distribución de los estudios por año de publicación (2017–2024)



Respecto a los materiales empleados, predominaron los polímeros reciclados derivados de residuos posconsumo y posindustriales. La Figura 3 muestra la frecuencia de uso de cada tipo de polímero identificado. Las poliolefinas recicladas (PE y PP) fueron los materiales más frecuentes, seguidas por PET, PS, ABS y PVC, con presencia proporcionalmente menor en el conjunto total de estudios.

Figura 3

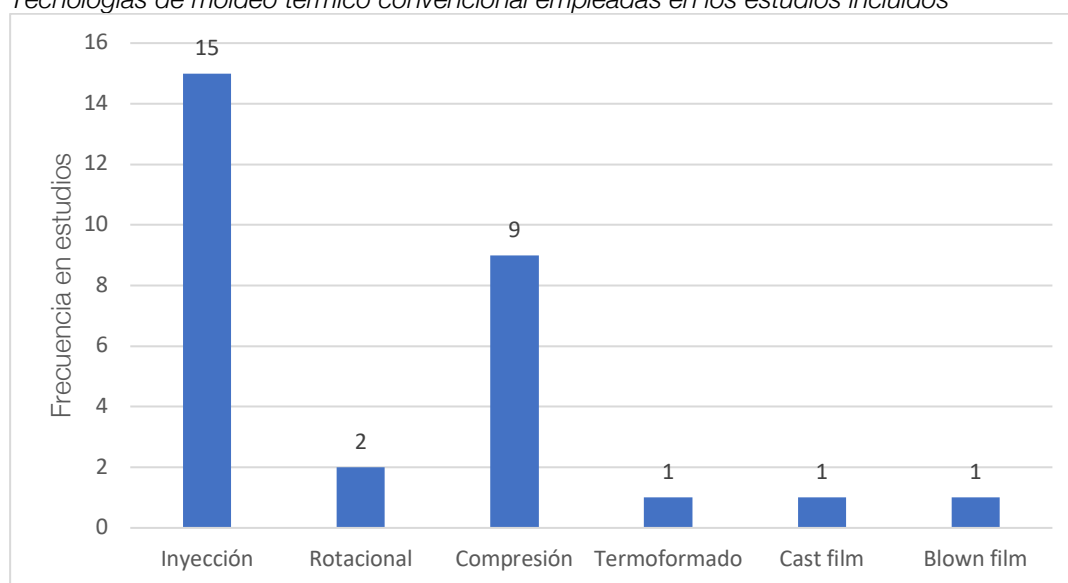
Frecuencia de plásticos reciclados utilizados en los estudios incluidos



Los estudios evaluados emplearon diversas tecnologías de moldeo final para la transformación de los polímeros reciclados. La Figura 4 presenta la frecuencia de uso de cada una de estas tecnologías. El moldeo por inyección fue la técnica más utilizada, reportada en 15 estudios, seguida del moldeo por compresión/prensado, identificado en 9 estudios. Tecnologías como rotomoldeo, termoformado y película fundida (cast y blown film) se reportaron con menor frecuencia.

Figura 4

Tecnologías de moldeo térmico convencional empleadas en los estudios incluidos



La Tabla 3 resume las combinaciones identificadas entre tecnologías de moldeo final y polímeros reciclados utilizados en los estudios.

Tabla 3

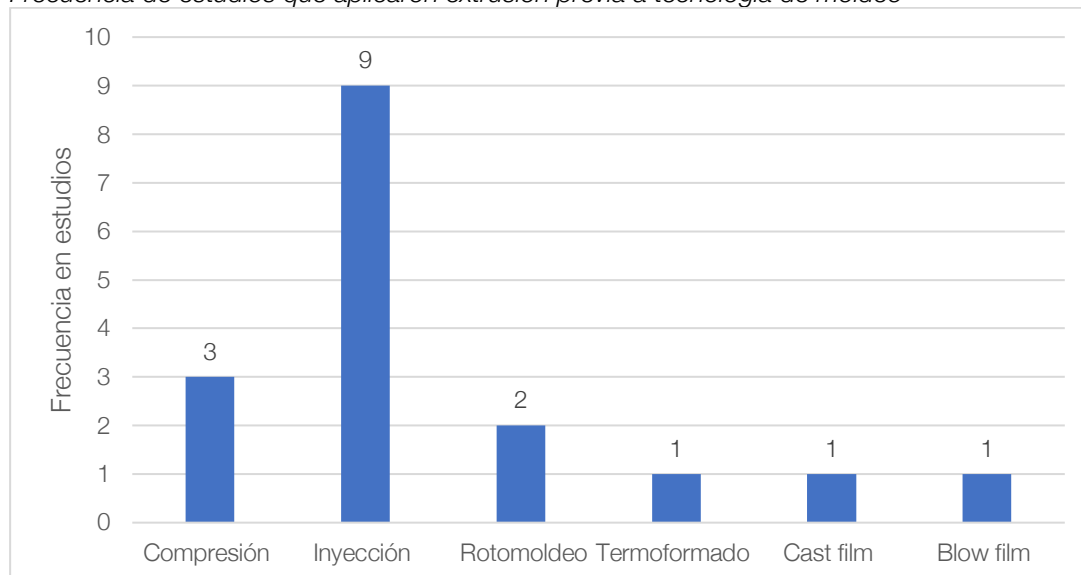
Tecnologías de moldeo final aplicadas a cada tipo de polímero reciclado

Tecnología de moldeo final	PP	PE	PET	PS	PVC	ABS
Compresión/prensado	5	7	2	1	–	–
Inyección	7	7	5	1	1	2
Rotacional	1	2	–	–	–	–
Termoformado	–	–	1	–	–	–
Cast film	1	1	–	–	–	–
Blown film	1	1	–	–	–	–

En 13 estudios se utilizó extrusión como proceso previo de acondicionamiento. En 7 de ellos se especificó su aplicación para la preparación de mezclas antes del moldeo final. La Figura 5 muestra la frecuencia con la que la extrusión se integró en combinación con cada tecnología de moldeo final.

Figura 5

Frecuencia de estudios que aplicaron extrusión previa a tecnología de moldeo



La Tabla 4 presenta una síntesis detallada de los artículos incluidos en la revisión, especificando autor y año de publicación, título, digital object identifier (DOI), tipo de plástico reciclado y tecnología de moldeo empleada.

Tabla 4

Estudios incluidos en la revisión sistemática

N°	Autor, año	Título	DOI	Plástico reciclado	Tecnología de moldeo
1	Takenaka, 2017	<i>Creation of Advanced Recycle Process to Waste Container and Packaging Plastic – Polypropylene Sorted Recycle Plastic Case –</i>	10.1678/rheology.45.139	PP (trazas de PE)	Moldeo por prensado en caliente
2	Tominaga et al. (2019)	<i>Advanced recycling process for waste plastics based on physical degradation theory and its stability</i>	10.1007/s10163-018-0777-7	PP	Moldeo por compresión/ prensado en caliente

Tabla 4
Estudios incluidos en la revisión sistemática

N°	Autor, año	Título	DOI	Plástico reciclado	Tecnología de moldeo
3	De Castro et al., 2020	<i>Recycled Green PE Composites Reinforced with Woven and Randomly Arranged Sisal Fibres Processed by Hot Compression Moulding</i>	10.2478/ata-2020-0013	HDPE y HDPE verde (producido a partir de etanol de caña de azúcar)	Moldeo por compresión en caliente
4	Ju et al. (2020)	<i>Mechanical Properties of Coal Ash Particle-Reinforced Recycled Plastic-Based Composites for Sustainable Railway Sleepers</i>	10.3390/polym12102287	Compuestos de MPW (PP, LDPE y HDPE) + HDPE	Moldeo por compresión
5	Synyuk et al. (2020)	<i>Development of Equipment for Injection Molding of Polymer Products Filled with Recycled Polymer Waste</i>	10.3390/polym12112725	PVC	Moldeo por inyección
6	Bocz et al. (2021)	<i>Application of low-grade recycle to enhance reactive toughening of poly(ethylene terephthalate)</i>	10.1016/j.polymdegradstab.2021.109505	PET	Moldeo por inyección
7	Cestari et al. (2021)	<i>Use of virgin/recycled polyethylene blends in rotational moulding</i>	10.1515/polyeng-2021-0065	HDPE	Moldeo rotacional y por compresión
8	Czarnecka et al. (2021)	<i>Polyethylene/Polyamide Blends Made of Waste with Compatibilizer: Processing, Morphology, Rheological and Thermo-Mechanical Behavior</i>	10.3390/polym13142385	Mezcla PE (LDPE)/PA6	Moldeo por inyección
9	Garcia et al. (2021)	<i>Comparative LCA of conventional manufacturing vs. additive manufacturing: the case of injection moulding for recycled polymers</i>	10.1080/19397038.2021.1990435	ABS	Moldeo por inyección vs. Manufactura aditiva (FDM, impresión 3D)

Tabla 4

Estudios incluidos en la revisión sistemática

N°	Autor, año	Título	DOI	Plástico reciclado	Tecnología de moldeo
10	Gupta et al. (2021)	<i>Novel sustainable materials from waste plastics: compatibilized blend from discarded bale wrap and plastic bottles</i>	10.1039/d1ra00254f	Mezcla PET / LLDPE	Moldeo por inyección
11	Huang & Peng (2021)	<i>Number of Times Recycled and Its Effect on the Recyclability, Fluidity and Tensile Properties of Polypropylene Injection Molded Parts</i>	10.3390/su131911085	PP	Moldeo por inyección
12	Möllnitz et al. (2021)	<i>Processability of Different Polymer Fractions Recovered from Mixed Wastes and Determination of Material Properties for Recycling</i>	10.3390/poly13030457	Fraciones plásticas recuperadas de residuos municipales/comerciales mixtos (SRF): PE, PP, PS, PET	Compresión al vacío
13	Ronkay et al. (2021)	<i>Plastic waste from marine environment: Demonstration of possible routes for recycling by different manufacturing technologies</i>	10.1016/j.wasman.2020.09.029	PET	Moldeo por inyección, impresión 3D, y termoformado
14	Bashirgonbadi et al. (2022)	<i>Quality evaluation and economic assessment of an improved mechanical recycling process for post-consumer flexible plastics</i>	10.1016/j.wasman.2022.08.018	Plásticos flexibles posconsumo (PCFP): PE casi puro; mezclas PE/rPP/no-PO; mezclas PE/PP con diferentes	Moldeo por inyección y películas sopladas/cast film

Tabla 4
Estudios incluidos en la revisión sistemática

N°	Autor, año	Título	DOI	Plástico reciclado	Tecnología de moldeo
				proporcione s	
15	Pick et al. (2022)	<i>Assessment of processibility and properties of raw post-consumer waste polyethylene in the rotational moulding process</i>	10.1515/polyeng-2021-0212	Mezcla PE, PP, con pigmentos y contaminantes	Moldeo rotacional
16	Belblidia et al. (2023)	<i>Recycling high impact polystyrene: Material properties and reprocessing in a circular economy business model</i>	10.1177/14777606231168653	HIPS (poliestireno de alto impacto)	Moldeo por Inyección
17	Daniele et al. (2023)	<i>From Nautical Waste to Additive Manufacturing: Sustainable Recycling of High-Density Polyethylene for 3D Printing Applications</i>	10.3390/jcs7080320	HDPE	Moldeo por compresión y impresión 3D
18	Ji & Jung (2023)	<i>Effect of the multiple injection process on the structural and mechanical properties of PP impact copolymers focusing on the deformation of ethylene-propylene copolymer</i>	10.1016/j.polymer.2023.108051	Copolímeros de impacto de polipropileno (PP/EPC)	Moldeo por inyección múltiple
19	Sanetuntikul et al. (2023)	<i>A circular economy use of waste metalized plastic film as a reinforcing filler in recycled polypropylene packaging for injection molding applications</i>	10.1016/j.clet.2023.100683	Mezcla PP + MF (LLDPE/PE T/Al multilayer)	Moldeo por inyección
20	Dziadowiec et al. (2024)	<i>Development of Technologies for Processing Polypropylene Foil Waste and Their Use in the Production of Finished Products</i>	10.3390/ma17215192	Residuos multilayer metalizados (PP, BOPP o BOPET + Al) mezclados con PP virgen	Moldeo por inyección

Tabla 4
Estudios incluidos en la revisión sistemática

N°	Autor, año	Título	DOI	Plástico reciclado	Tecnología de moldeo
21	Karahan et al. (2024)	<i>Comparative study of virgin and recycled polyethylene terephthalate and polypropylene intermingled thermoplastic composites</i>	10.1002/p c.29209	PET	Moldeo por compresión en caliente
22	Müller et al. (2024)	<i>Mechanical and Thermal Degradation-Related Performance of Recycled LDPE from Post-Consumer Waste</i>	10.3390/p olym1620 2863	LDPE	Moldeo por inyección
23	O'Rourke et al. (2024)	<i>Diverted from landfill: Manufacture and characterisation of composites from waste plastic packaging and waste glass fibres</i>	10.1016/j. susmat.20 24.e0085 1	Mezcla de plásticos de empaque (Waste Mixed Plastics, wMP: PE/PP)	Compresión
24	Sinchai et al. (2024)	<i>Development of a Low-Cost Automated Injection Molding Device for Sustainable Plastic Recycling and Circular Economy Applications</i>	10.3390/i nventions 9060124	HDPE	Moldeo por inyección
25	Singkrong et al. (2024)	<i>Immiscible Polymer Blends Made from Industrial Shredder Residue Mixed Plastic with and without Melt Blending</i>	10.1021/a csapm.4c 00360	Mezcla de residuos plásticos industriales (ABS, PP, PE)	Moldeo por inyección
26	Stachowiak et al. (2024)	<i>Analysis of Mechanical and Thermal Properties of Polymer Materials Derived from Recycled Overprinted Metallized PP Films</i>	10.3390/ ma17081 739	PP	Moldeo por inyección

3.3. Clasificación de los estudios y síntesis cualitativa de resultados

Los 26 estudios incluidos se clasificaron en cinco categorías según su enfoque predominante, con el propósito de sintetizar temas recurrentes en la literatura. La asignación consideró los objetivos, metodología y contenido predominante de cada artículo, registrando cada estudio únicamente en la categoría dominante para mantener consistencia analítica.

Las categorías identificadas fueron: evaluación de parámetros de moldeo, formulación de mezclas recicladas, comparación de tecnologías de moldeo, modificación del proceso y diseño de equipo, y evaluación de reciclabilidad o degradación del material. La Tabla 5 presenta la distribución de los estudios en cada categoría.

Tabla 5

Enfoques observados de los estudios incluidos

Código	Categoría	Enfoque central	Artículos incluidos (autor, año)
A	Evaluación de parámetros de moldeo	Efecto de los parámetros de moldeo (temperatura, presión, velocidad, tiempos de ciclo y otras variables operativas) sobre la calidad del material reciclado y el proceso.	Takenaka et al. (2017); Tominaga et al. (2019); Möllnitz et al. (2021); Pick et al. (2022)
B	Formulación y mezclas de materiales reciclados	Innovación material: desarrollo de mezclas, compatibilización o uso de aditivos para mejorar propiedades	De Castro et al. (2020); Ju et al. (2020); Bocz et al. (2021); Cestari et al. (2021); Czarnecka et al. (2021); Gupta et al. (2021); Daniele et al. (2023); Sanetuntikul et al. (2023); Dziadowiec et al. (2024); Karahan et al. (2024); O'Rourke et al. (2024)
C	Comparación de tecnologías de moldeo	Evaluación técnica y/o energética entre distintas tecnologías de moldeo aplicadas a plásticos reciclados	Garcia et al. (2021)
D	Modificación del proceso o diseño de equipo	Innovaciones metodológicas o de ingeniería aplicadas al proceso de moldeo	Synyuk et al. (2020); Bashirgonbadi et al. (2022); Sinchai et al. (2024); Singkronart et al. (2024)
E	Evaluación de reciclabilidad y degradación	Comportamiento del material frente al reciclaje, reprocesabilidad y degradación térmica o mecánica	Huang & Peng (2021); Ronkay et al. (2021); Belblidia et al. (2023); Ji & Jung (2023); Müller et al. (2024); Stachowiak et al. (2024)

3.4. Tipos de pruebas y/o ensayos experimentales

Los estudios incluidos reportaron diversos ensayos experimentales para evaluar procesos de moldeo y propiedades resultantes de los materiales reciclados obtenidos. Los ensayos se agruparon en cinco categorías según su naturaleza y propósito: mecánicas, térmicas, reológicas, estructurales/morfológicas/composicionales y de estabilidad o comportamiento del material. La Tabla 6 presenta estas categorías y la frecuencia de estudios en los que fueron reportadas.

Tabla 6

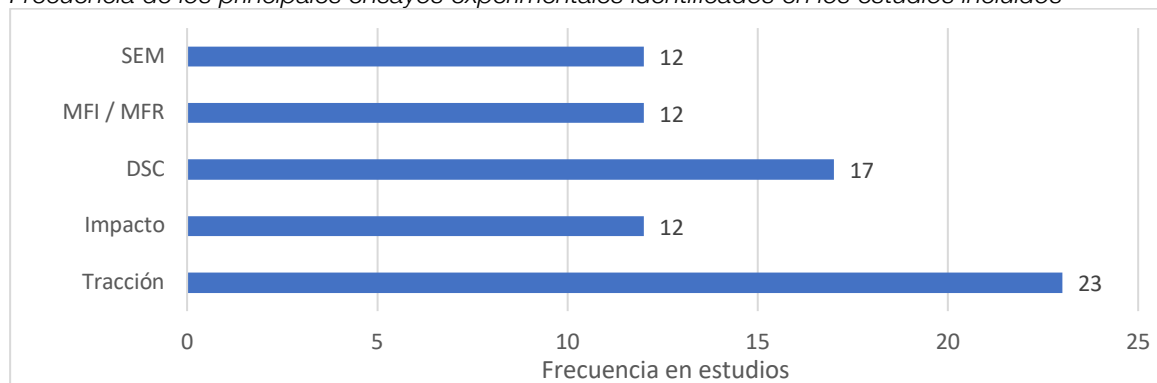
Tipos de pruebas experimentales reportadas en los estudios incluidos

Categoría de prueba	Ejemplos de ensayos	Frecuencia de estudios
Mecánicas	Tracción, impacto, flexión, compresión, dureza, fatiga	25
Térmicas	DSC, TGA, DMA, HDT, OIT, Vicat, CLTE	20
Reológicas	MFI/MFR, reometría rotacional u oscilatoria, torque reómetro	14
Caracterización estructural, morfológica y composicional	SEM, FTIR, XRD, EDS, AFM, μ CT	19
Estabilidad y comportamiento del material	Absorción de agua, envejecimiento UV/térmico, colorimetría, flamabilidad	8

Además de la clasificación general, mostrada en la Tabla 6, se cuantificaron los ensayos más utilizados, cuya frecuencia se muestra en la Figura 6.

Figura 6

Frecuencia de los principales ensayos experimentales identificados en los estudios incluidos



Los ensayos más utilizados fueron tracción y calorimetría diferencial de barrido (DSC), seguidos por las pruebas de impacto, microscopía electrónica de barrido (SEM) y la medición del índice de fluidez (MFI/MFR).

4. DISCUSIÓN

Los estudios analizados confirman que las tecnologías de moldeo térmico convencional continúan siendo una de las rutas más consolidadas para transformar polímeros reciclados mediante reciclaje mecánico. Este resultado es consistente con la literatura, que reconoce al reciclaje mecánico como vía predominante para el aprovechamiento de residuos plásticos, (>90 % del reciclaje global) (Chen & Hu, 2024; Sultana et al., 2022). Asimismo, las poliolefinas y el PET, que conforman la mayoría de los residuos posconsumo en el sector de empaques (Beghetto et al., 2021), son también los polímeros más empleados en los estudios incluidos, lo que refleja su amplia disponibilidad y su participación dominante en la demanda global de plásticos (Li et al., 2022). Dentro de las tecnologías evaluadas, el moldeo por inyección mantiene un papel dominante, debido a su capacidad para producir piezas de geometría compleja, alta precisión y ciclos cortos (Czepiel et al., 2023; Fu et al., 2020), lo que explica su prevalencia entre los procesos reportados.

En la categoría enfocada en parámetros de moldeo, los trabajos evaluados demuestran que la optimización de temperatura, la presión, el tiempo de residencia y las condiciones de enfriamiento influyen de forma determinante en el desempeño de los polímeros reciclados. En polipropileno reciclado, temperaturas elevadas seguido de enfriamiento rápido (quenching) mejoran significativamente la resistencia mecánica, alcanzando valores comparables al material virgen procesado bajo condiciones estándar (Takenaka et al., 2017; Tominaga et al., 2019). Ambos estudios también observaron que la estabilización de estas propiedades requiere un recocido optimizado para evitar variaciones asociadas a la cristalinidad.

En la categoría de formulación y mezclas recicladas, los estudios coinciden en que compatibilización y refuerzo constituyen estrategias efectivas para mejorar propiedades afectadas por el historial térmico o a la heterogeneidad composicional. Por ejemplo, mezclas de PP reciclado con residuos metalizados o lignocelulósicos presentaron disminuciones en la resistencia y el módulo debido a la incompatibilidad entre fases, fenómeno ampliamente documentado entre PP y PE sin compatibilización (Sanetuntikul et al., 2023). La incorporación de MAPP o elastómeros (como POE-GMA) produjo mezclas más homogéneas y aumentos significativos en la resistencia al impacto, incluso hasta cuatro veces respecto a las muestras sin modificar (Dziadowiec et al., 2024).

Los refuerzos minerales y fibrosos también generan mejoras sustanciales: el uso de fibras de vidrio incrementó notablemente el módulo y la resistencia (O'Rourke et al., 2024), mientras que la adición de ceniza de

carbón permite desarrollar compuestos aptos para aplicaciones estructurales como durmientes ferroviarios (Ju et al., 2020). En polietileno reciclado, los refuerzos con fibras de sisal incrementaron el módulo de elasticidad y modificaron el equilibrio entre rigidez y resistencia según la orientación de las fibras (de Castro et al., 2020). De manera similar, las mezclas virgen-reciclado en proporciones 50/50 mantienen buen comportamiento en rotomoldeo sin penalizar la resistencia al impacto (Cestari et al., 2021). En conjunto, estos resultados destacan la importancia de la compatibilización y del diseño de formulación para ampliar las aplicaciones de los polímeros reciclados en procesos de moldeo térmico.

Los estudios comparativos entre tecnologías, aunque menos frecuentes, aportan evidencia relevante sobre el desempeño ambiental y mecánico de alternativas de procesamiento. Garcia et al. (2021) demostraron que, en el caso del ABS reciclado, la manufactura aditiva por deposición fundida (FDM) presenta menor impacto ambiental para lotes pequeños, mientras que el moldeo por inyección resulta más eficiente y estable para producciones mayores. Esto resalta la importancia de seleccionar una tecnología de moldeo considerando factores como el tamaño del lote, el consumo energético y las propiedades del material requerido, criterios también discutidos en la literatura sobre procesamiento de polímeros (Polychronopoulos & Vlachopoulos, 2018).

En la categoría orientada a modificaciones de proceso y diseño de equipo, los estudios evidencian que la optimización de etapas previas y el rediseño de sistemas de moldeo mejoran la estabilidad del reciclaje térmico. Sinchai et al. (2024) desarrollaron un sistema automatizado de inyección construido con materiales reutilizados que incorpora detección láser para reducir el sobrellenado y el desperdicio, lo que demuestra el potencial de innovaciones de bajo costo para contextos comunitarios. Por su parte, Singkronart et al. (2024) mostraron que la consolidación directa de residuos incompatibles sin mezcla previa puede reducir la fragilización típica de los sistemas inmiscibles, aumentando la deformación y el trabajo de fractura en comparación con mezclas fundidas convencionales. Bashirgonbadi et al. (2022) evaluaron el Quality Recycling Process (QRP), un proceso mejorado de reciclaje mecánico a escala semiindustrial, reportando que los regranulados obtenidos presentan mejoras en propiedades mecánicas como ductilidad, flexibilidad y resistencia al impacto en comparación con el reciclaje mecánico convencional.

Finalmente, los estudios sobre degradación y reciclabilidad confirman que el desempeño del material reciclado está estrechamente vinculado a su historial térmico y de cizalla. En copolímeros de impacto de PP, la reinyección múltiple generó escisión de cadenas, oxidación y disminución del tiempo de inducción a la oxidación, lo que redujo la estabilidad térmica del material (Ji & Jung, 2023). No obstante, en ciertos casos el reciclaje avanzado permite obtener regranulados con propiedades comparables al material original, como en el caso de películas metalizadas reprocesadas mediante técnicas optimizadas (Stachowiak et al., 2024). En residuos intemperizados, Ronkay et al. (2021) reportaron que, es posible procesar materiales degradados mediante tecnologías como inyección, extrusión o termoformado, tras limpieza y clasificación, manteniendo propiedades como rigidez, aunque con pérdidas en transparencia, ductilidad y energía de fractura. Estos hallazgos refuerzan la

importancia de controlar las condiciones de cizalla, temperatura y mezclado para mitigar la degradación acumulada durante los ciclos de reciclaje.

En conjunto, los resultados de esta revisión sistemática muestran que el desempeño de los polímeros reciclados moldeados depende de la interacción entre parámetros de proceso, formulación, estado de degradación y estrategia de acondicionamiento previo (como la extrusión). La evidencia sugiere que un enfoque integrado, basado en control térmico adecuado, compatibilización, estrategias de refuerzo y mejoras en las etapas de reciclaje, es fundamental para obtener productos reciclados de alto desempeño y para avanzar hacia sistemas de producción más sostenibles.

5. CONCLUSIÓN

Esta revisión sistemática evidencia que las tecnologías de moldeo térmico convencional mantienen un papel fundamental en la transformación de polímeros reciclados, especialmente en aquellos que predominan en los residuos posconsumo como PP, PE y PET. Los estudios analizados muestran que, pese a las variaciones inherentes a los materiales reciclados, es posible obtener productos con propiedades estables mediante estrategias adecuadas de procesamiento, formulación y acondicionamiento previo.

Los hallazgos subrayan que la eficiencia del moldeo y el desempeño del material no dependen de un único factor, sino de la interacción entre parámetros de proceso, compatibilización, refuerzo y control de la degradación. Asimismo, se observan avances relevantes en rediseño de equipos y mejora de etapas de reciclaje, ampliando posibilidades de aplicación industrial de los polímeros reciclados.

En conjunto, los resultados resaltan la importancia de enfoques integrales que articulen el control de proceso, la ingeniería de materiales y la mejora de etapas de reciclaje para avanzar hacia productos reciclados de mayor desempeño, contribuyendo a la trascendencia hacia la economía circular. Futuros trabajos deberían profundizar en comparaciones sistemáticas entre tecnologías de moldeo, así como en el desarrollo de aditivos y estrategias de compatibilización más eficientes. Además, será fundamental ampliar las evaluaciones hacia el consumo energético, la estabilidad operativa y la eficiencia del proceso, aspectos decisivos para su adopción industrial. Finalmente, se requiere impulsar investigaciones que examinen el comportamiento de materiales reciclados en condiciones reales de producción y contribuyan a estandarizar parámetros de proceso y metodologías de caracterización para aplicaciones de mayor exigencia.

REFERENCIAS

- Bashirgonbadi, A., Saputra Lase, I., Delva, L., Van Geem, K. M., De Meester, S., & Ragaert, K. (2022). Quality evaluation and economic assessment of an improved mechanical recycling process for post-consumer flexible plastics. *Waste Management*, 153, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.08.018>
- Beghetto, V., Sole, R., Buranello, C., Al-Abkal, M., & Facchin, M. (2021). Recent Advancements in Plastic Packaging Recycling: A Mini-Review. *Materials*, 14(17), 4782. <https://doi.org/10.3390/ma14174782>
- Belblidia, F., Gabr, M. H., Pittman, J. F. T., & Rajkumar, A. (2023). Recycling high impact polystyrene: Material properties and reprocessing in a circular economy business model. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, 39(4), 343–369. <https://doi.org/10.1177/14777606231168653>
- Bocz, K., Ronkay, F., Decsov, K. E., Molnár, B., & Marosi, G. (2021). Application of low-grade recycle to enhance reactive toughening of poly (ethylene terephthalate). *Polymer Degradation and Stability*, 185, 109505. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2021.109505>
- Cestari, S., J. Martin, P., R. Hanna, P., P. Kearns, M., Mendes, L. & Millar, B. (2021). Use of virgin/recycled polyethylene blends in rotational moulding. *Journal of Polymer Engineering*, 41(6), 509-516. <https://doi.org/10.1515/polvorg-2021-0065>
- Chen, S., & Hu, Y. H. (2024). Advancements and future directions in waste plastics recycling: From mechanical methods to innovative chemical processes. *Chemical Engineering Journal*, 493, 152727. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.152727>
- Czamecka-Komorowska, D., Nowak-Grzebyta, J., Gawdzińska, K., Mysiukiewicz, O., & Tomasiak, M. (2021). Polyethylene/Polyamide Blends Made of Waste with Compatibilizer: Processing, Morphology, Rheological and Thermo-Mechanical Behavior. *Polymers*, 13(14), 2385. <https://doi.org/10.3390/polym13142385>
- Czepiel, M., Bańkosz, M., & Sobczak-Kupiec, A. (2023). Advanced Injection Molding Methods: Review. *Materials*, 16(17), 5802. <https://doi.org/10.3390/ma16175802>
- Daniele, R., Armoni, D., Dul, S., & Alessandro, P. (2023). From Nautical Waste to Additive Manufacturing: Sustainable Recycling of High-Density Polyethylene for 3D Printing Applications. *Journal of Composites Science*, 7(8), 320. <https://doi.org/10.3390/jcs7080320>
- De Castro, B. D., De Faria, P. E., Vieira, L. M. G., Rubio, C. V. C., Maziero, R., De Matos Rodrigues, P. C., & Rubio, J. C. C. (2020). Recycled Green PE Composites Reinforced with Woven and Randomly Arranged Sisal Fibres Processed by Hot Compression Moulding. *Acta Technologica Agriculturae*, 23(2), 81–86. <https://doi.org/10.2478/ata-2020-0013>
- Dziadowiec, D., Walburg, K., Matykiewicz, D., Andrzejewski, J., & Szostak, M. (2024). Development of Technologies for Processing Polypropylene Foil Waste and Their Use in the Production of Finished Products. *Materials*, 17(21), 5192. <https://doi.org/10.3390/ma17215192>
-
- Córdova Palma, J. L., López Ramos, A., Sosa Olivier, J. A., & Laines Canepa, J. R. (2026). State-of-the-Art of the Thermal Molding Technologies for Plastic Recycling: a systematic review. *Transdigital*, 7(13), e571. <https://doi.org/10.56162/transdigital571>

- Fu, H., Xu, H., Liu, Y., Yang, Z., Kormakov, S., Wu, D., & Sun, J. (2020). Overview of Injection Molding Technology for Processing Polymers and Their Composites. *ES Materials and Manufacturing*, 8, 3–23. <https://doi.org/10.30919/esmm5f713>
- Garcia, F. L., Nunes, A. O., Martins, M. G., Belli, M. C., Saavedra, Y. M. B., Silva, D. A. L., & Moris, V. A. da S. (2021). Comparative LCA of conventional manufacturing vs. additive manufacturing: the case of injection moulding for recycled polymers. *International Journal of Sustainable Engineering*, 14(6), 1604–1622. <https://doi.org/10.1080/19397038.2021.1990435>
- Gupta, A., Misra, M., & Mohanty, A. K. (2021). Novel sustainable materials from waste plastics: compatibilized blend from discarded bale wrap and plastic bottles. *RSC Advances*, 11(15), 8594–8605. <https://doi.org/10.1039/D1RA00254F>
- Huang, P.-W., & Peng, H.-S. (2021). Number of Times Recycled and Its Effect on the Recyclability, Fluidity and Tensile Properties of Polypropylene Injection Molded Parts. *Sustainability*, 13(19), 11085. <https://doi.org/10.3390/su131911085>
- Ji, H., & Jung, H. (2023). Effect of the multiple injection process on the structural and mechanical properties of PP impact copolymers focusing on the deformation of ethylene-propylene copolymer. *Polymer Testing*, 124, 108051. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2023.108051>
- Kalauni, K., Vedrtam, A., Sharma, S. P., Sharma, A., & Chaturvedi, S. (2025). A comprehensive review of recycling and reusing methods for plastic waste focusing Indian scenario. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 43(9), 1378–1399. <https://doi.org/10.1177/0734242X241308499>
- Karahan, M., Özyurt, İ., Atalay, Ş. Ö., Turan, Ş. Y., Haji, A., & Karahan, N. (2024). Comparative study of virgin and recycled polyethylene terephthalate and polypropylene intermingled thermoplastic composites. *Polymer Composites*, 46(4), 3820–3836. <https://doi.org/10.1002/pc.29209>
- Li, H., Aguirre-Villegas, H. A., Allen, R. D., Bai, X., Benson, C. H., Beckham, G. T., Bradshaw, S. L., Brown, J. L., Brown, R. C., Cecon, V. S., Curley, J. B., Curtzwiler, G. W., Dong, S., Gaddameedi, S., García, J. E., Hermans, I., Kim, M. S., Ma, J., Mark, L. O., Mavrikakis, M., Olafasakin, O. O., Osswald, T. A., Papanikolaou, K. G., Radhakrishnan, H., Sanchez Castillo, M. A., Sánchez-Rivera, K. L., Tumu, K. N., Van Lehn, R. C., Vorst, K. L., Wright, M. M., Wu, J., Zavala, V. M., Zhou, P., & Huber, G. W. (2022). Expanding plastics recycling technologies: chemical aspects, technology status and challenges. *Green Chemistry*, 24(23), 8899–9002. <https://doi.org/10.1039/D2GC02588D>
- Möllnitz, S., Feuchter, M., Duretek, I., Schmidt, G., Pomberger, R., & Sarc, R. (2021). Processability of Different Polymer Fractions Recovered from Mixed Wastes and Determination of Material Properties for Recycling. *Polymers*, 13(3), 457. <https://doi.org/10.3390/polym13030457>
- Müller, M., Kolář, V., & Mishra, R. K. (2024). Mechanical and Thermal Degradation-Related Performance of Recycled LDPE from Post-Consumer Waste. *Polymers*, 16(20), 2863. <https://doi.org/10.3390/polym16202863>
- OECD. (2022, febrero 22). La contaminación por plásticos crece sin cesar debido a las deficiencias en la gestión de residuos y el reciclaje, según la OCDE. *Página web oficial de la Organisation for Economic Co-operation and Development*. <https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2022/02/plastic-pollution-is-growing-relentlessly-as-waste-management-and-recycling-fall-short.html>
-
- Córdova Palma, J. L., López Ramos, A., Sosa Olivier, J. A., & Laines Canepa, J. R. (2026). State-of-the-Art of the Thermal Molding Technologies for Plastic Recycling: a systematic review. *Transdigital*, 7(13). e571. <https://doi.org/10.56162/transdigital571>

- O'Rourke, K., Millar, B., Doyle, A., Doyle, K., Griffin, C., Hartmann, M., Christensen, B., Ó Brádaigh, C. M., & Ray, D. (2024). Diverted from landfill: Manufacture and characterisation of composites from waste plastic packaging and waste glass fibres. *Sustainable Materials and Technologies*, 39, Article e00851. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2024.e00851>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Gianville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., Moher, D., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pick, L., Hanna, P., & Gorman, L. (2022). Assessment of processibility and properties of raw post-consumer waste polyethylene in the rotational moulding process. *Journal of Polymer Engineering*, 42(4), 374–383. <https://doi.org/10.1515/polyeng-2021-0212>
- Polychronopoulos, N. D., & Vlachopoulos, J. (2018). Polymer processing and rheology. In M. A. Jafar Mazumder, H. Sheardown, & A. Al-Ahmed (Eds.), *Functional polymers* (pp. 1–47). *Springer International Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92067-2_4-1
- 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>
- Ronkay, F., Molnar, B., Gere, D., & Czigány, T. (2021). Plastic waste from marine environment: Demonstration of possible routes for recycling by different manufacturing technologies. *Waste Management*, 119, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.029>
- Sanetuntikul, J., Ketpang, K., Naknaen, P., Narupai, B., & Petchwattana, N. (2023). A circular economy use of waste metalized plastic film as a reinforcing filler in recycled polypropylene packaging for injection molding applications. *Cleaner Engineering and Technology*, 17, 100683. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2023.100683>
- Sinchai, A., Boonyang, K., & Simmala, T. (2024). Development of a Low-Cost Automated Injection Molding Device for Sustainable Plastic Recycling and Circular Economy Applications. *Inventions*, 9(6), 124. <https://doi.org/10.3390/inventions9060124>
- Singkronart, K., Virkajärvi, J., Salminen, K., Shamsuddin, S. R., & Lee, K. Y. (2024). Immiscible Polymer Blends Made from Industrial Shredder Residue Mixed Plastic with and without Melt Blending. *ACS Applied Polymer Materials*, 6(11), 6252–6261. <https://doi.org/10.1021/acsapm.4c00360>
- Stachowiak, T., Postawa, P., Chmielarz, M., & Grzesiczak, D. (2024). Analysis of Mechanical and Thermal Properties of Polymer Materials Derived from Recycled Overprinted Metallized PP Films. *Materials*, 17(8), 1739. <https://doi.org/10.3390/ma17081739>
- Sultana, S., Sarker, M. K. U., Islam, Z., & Islam, M. S. (2022). Comparative Analysis of Compression Molded Products of Recycled Waste Poly(Vinyl Chloride) and Virgin Poly(Vinyl Chloride) Fill Material. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 54(4), 220412. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2022.54.4.12>

Synyuk, O., Musiał, J., Zlotenko, B., & Kulik, T. (2020). Development of Equipment for Injection Molding of Polymer Products Filled with Recycled Polymer Waste. *Polymers*, 12(11), 2725. <https://doi.org/10.3390/polym12112725>

Takenaka, N., Tominaga, A., Sekiguchi, H., Nakano, R., Takatori, E., & Yao, S. (2017). Creation of Advanced Recycle Process to Waste Container and Packaging Plastic — Polypropylene Sorted Recycle Plastic Case —. *Nihon Reorōji Gakkaishi*, 45(3), 139–143. <https://doi.org/10.1678/rheology.45.139>

Tominaga, A., Sekiguchi, H., Nakano, R., Yao, S., & Takatori, E. (2019). Advanced recycling process for waste plastics based on physical degradation theory and its stability. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 21, 116–124. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0777-7>

UNEP. (2023, abril 25). Todo lo que necesitas saber sobre la contaminación por plásticos. *Página web oficial del Programa para el Medio Ambiente*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-la-contaminacion-por-plasticos>

WWF. (2024, marzo 20). Piden a empresarios unirse al Pacto de los Plásticos de México. *Página web oficial de la World Wildlife Fund*. <https://www.wwf.org.mx/?387330/Piden-a-empresarios-unirse-al-Pacto-de-los-Plasticos-de-Mexico>

Córdova Palma, J. L., López Ramos, A., Sosa Olivier, J. A., & Laines Canepa, J. R. (2026). State-of-the-Art of the Thermal Molding Technologies for Plastic Recycling: a systematic review. *Transdigital*, 7(13). e571. <https://doi.org/10.56162/transdigital571>



Transdigital[®]

editorial

La Editorial *Transdigital* publica libros de carácter científico y académico. Se pueden publicar tesis de posgrado, una vez sometidas al sistema de evaluación de pares de doble ciego. Servicios:

- Gestión del International Standard Book Number (ISBN), del Digital Object Identifier (DOI) y del código de barras.
- Diseño gráfico
- Servicio de corrección de estilo y redacción.
- Dictaminación de la revisión por pares en doble ciego hecha por miembros del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI) de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) de México.
- Alojamiento permanente del libro en la editorial *Transdigital* (www.editorial.transdigital.mx)
- Distribución gratuita en *Dialnet*, *Google Books*, *Google Play* y *SCRIBD*.
- Distribución a precio mínimo en *Amazon Kindle* (cuota que pagan los lectores de *Kindle*).

La editorial *Transdigital* está en el Registro en el Padrón Nacional de Editores como agente editor Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales, S. C., con el Dígito Identificador 978-607-99594. Además, está afiliada a la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana (CANIEM) con el número 4069, de conformidad con el artículo 17 de la Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones en vigor. Y está en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



Transdigital[®]

congreso virtual

El Congreso Virtual *Transdigital* se realiza anualmente de manera totalmente virtual (www.congreso.transdigital.mx). Este evento tiene el objetivo de reunir resultados parciales o finales de investigaciones empíricas, documentales o ensayos científicos sobre temas y desafíos que involucran a la tecnología y la transformación digital en sociedad.

Está dirigido a investigadores(as), docentes de todas las modalidades y niveles del sistema educativo, estudiantes de pregrado y posgrado, gestores(as) educativos(as), directivos(as) y demás profesionales interesados(as) en la investigación empírica y documental sobre el uso de la tecnología y la transformación digital en diversos ámbitos sociales, por ejemplo, la salud, el ocio, el turismo, las finanzas, la educación, el desarrollo comunitario, la industria, etcétera.

La inscripción por texto, con un máximo de tres autores(as) da el derecho de publicar la ponencia como capítulo de libro académico en la editorial *Transdigital*, una vez que ha sido admitida por el Comité Científico; además se otorgan certificados de ponencia y asistencia. Ese libro cuenta con International Standard Book Number (ISBN), Digital Object Identifier (DOI) y código de barras.

El Congreso Virtual *Transdigital* es una iniciativa que está inscrita en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) de la SECIHTI de México con el folio: RENIECYT 2400068.



Transdigital[®]

revista científica

La revista científica *Transdigital* es una publicación semestral bajo el modelo de publicación continua, de manera que se reciben textos durante todo el año. Es editada por la Sociedad de Investigación sobre Estudios Digitales S.C. Evalúa los textos con el sistema de pares de doble ciego. Se admiten Artículos de investigación y Ensayos científicos originales.

El proceso de publicación es expedito y, en promedio, los textos se publican tres meses después de que han sido recibidos. El Consejo científico y el Comité editorial se compone por distinguidas y distinguidos académicos de talla nacional e internacional. Cuenta con la Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-020912091600-102, International Standard Serial Number (ISSN) 2683-328X, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Hasta ahora, está indizada en Latindex, Dialnet, ERIHPLUS, REDIB, EuroPub, LivRe, AURA, Academic Resource Index (ResearchBib), MIAR, OpenAire-Explore, Refseek, Sherpa Romeo, Elektronische Zeitschriftenbibliothek, ZDB Zeitschriften Datenbank, WorldCat, Dimensions, The University of Liverpool, Discovery, Erasmus University Rotterdam, Mir@bel, REBIUN, DARDO, UOCI, LatinRev, ROAD, Google Scholar, Crossref, Scite, Lens, Internet Archive, BASE, etc.

El costo de publicación puede ser consultado en: www.revista.transdigital.mx