



Reciclaje inclusivo hacia una economía circular

Análisis del reciclaje y la circularidad de envases en América Latina

Estudio preparado por Emprendia por encargo de Latitud R.

- Septiembre 2020 -

Análisis del reciclaje y la circularidad de envases en América Latina.

Análisis del reciclaje y la circularidad de envases en América Latina.

Autor

Marcelo Monteverde - Contacto: marcelo@emprendia.net



emprendia

www.emprendia.net

Equipo de revisión

Luis Miguel Artieda - Fundación Avina

Gonzalo Roqué - Fundación Avina

© 2020, Latitud R

www.reciclajeinclusivo.org

Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones en este documento son responsabilidad de los autores y no deben ser atribuidas a las instituciones que conforman la IRR.

Permiso de disseminación

Latitud R promueve la disseminación y uso de la información contenida en la presente publicación, siempre que se cite la fuente.

Índice general

1	Introducción	5
2	Tecnologías de reciclaje	7
2.1	Reciclaje de envases de plástico	7
2.2	Reciclaje de envases multicapa basados en polímeros	8
2.3	Reciclaje de envases de papel y cartón	8
2.4	Reciclaje de envases metálicos	8
2.5	Reciclaje de envases de vidrio	9
2.6	Reciclaje de cartones para bebidas	9
3	Uso, recuperación y reciclaje de envases	11
4	Barreras e impulsores del reciclaje	14
5	Barreras en la cadena del reciclaje	20
6	Innovaciones para el reciclaje de envases plásticos	23
7	Conclusiones	25
8	Recomendaciones	28

Agradecimientos

Agradecemos a Latitud R y a sus socios por confiar en Emprendia para la realización de este estudio, y en particular al equipo de la Fundación Avina por el apoyo y acompañamiento en las diferentes etapas del mismo. A su vez, agradecemos enormemente a todas las personas e instituciones que colaboraron en la realización del estudio mediante el aporte de información y contactos de interés:

Alfredo Román - Tetra Pak, México.

Ana Milena Muñoz Roldan - Carvajal, Colombia.

Carlos Briones - DAK Américas, Argentina.

Carlos García - Mexider, México.

Cecilia Ruiz - CANAFEM, México

Denise Cisneros - Tetra Pak, Costa Rica.

Horacio Martino - Tetra Pak, Argentina.

Inti Pérez - Nestlé, México.

Isabel Cristina Riveros Pineda - Cámara de la Industria de Pulpa Papel y Cartón de la ANDI, Colombia.

Jahir Mojica - SUEMA, México.

Jean Rivero - Supraciclaje, México

Jessica Bernal - Mexider, México.

Jorge Treviño - ECOCE, México.

José Luis Pérez González - Cerrando el ciclo, México.

Juan Fernando Sánchez - Cámara del Papel, México.

Katharina Kaiser - Fraunhofer Institute for Process Engineering and Packaging IVV, Alemania.

Leonardo Reyes - Mexider, México.

Maiza Lacerda - Multi Expressão.

Marcus Fattur - Tetra Pak, Brasil.

María Gabriela Vargas Montenegro - Tetra Pak, América Central y el Caribe.

María Victoria Rueda - Coopertiva Plastién, México.

Mariana Albarrán Flores - Braskem Idesa, México.

Mateus Mendonça - Giral, Brasil.

Mónica Montes - Tetra Pak, Colombia.

Nohra Padilla - Asociación de Recicladores de Bogotá, Colombia.

Salvadro Hernandez - Mexider, México.

Sandro Nicioli - Multi Expressão.

Solange Stumpf - MaxiQuim, Brasil.

Tamires Silvestre - Dow, Brasil.

Thais Vojvodic - Coca-Cola, Brasil.

Glosario

BOPP:	polipropileno orientado biaxialmente.
CNA:	consumo nacional aparente. Se calcula como: producción + importación - exportación.
EE:	envases y empaques.
EPS:	poliestireno expandido.
HDPE:	polietileno de alta densidad.
kt:	miles de toneladas.
LDPE:	polietileno de baja densidad.
LLDPE:	polietileno lineal de baja densidad.
ND:	no disponible.
PE:	polietileno.
PET:	tereftalato de polietileno.
PP:	polipropileno.
PS:	poliestireno.
PVC:	policloruro de vinilo.
Tasa de reciclaje de EE:	cociente entre la cantidad (en toneladas) de envases reciclados y la cantidad (en toneladas) de envases utilizados por el mercado.
Tasa de recuperación de envases:	cociente entre la cantidad (en toneladas) de envases recuperados de un material y la cantidad (en toneladas) utilizada para envases y empaques de ese material.
Tasa de recuperación respecto a su uso en EE:	cociente entre la cantidad (en toneladas) recuperada de un material y la cantidad (en toneladas) utilizada para envases y empaques de ese material.

1. Introducción

Latitud R, anteriormente llamada Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo (IRR), es una plataforma de colaboración creada en 2011 entre el Grupo Banco Interamericano de Desarrollo (BID), con su División de Agua y Saneamiento y su laboratorio de innovación, BID Lab, Coca-Cola América Latina, Pepsico América Latina, Dow Chemical, la Red Latinoamericana de Recicladores (Red- LACRE) y la Fundación Avina. Su propósito es contribuir al desarrollo de sistemas de reciclaje inclusivo con sostenibilidad económica, social y ambiental en todo el continente, aportando a la formalización y mejora de condiciones de los recicladores de base, y al desarrollo de la Economía Circular en la región.

Para esto, Latitud R se propone incrementar las capacidades de los actores del ecosistema; fortalecer las cadenas de valor de economía circular de residuos en la región introduciendo inclusión e innovación tanto en sus eslabones de recuperación de residuos como en el procesamiento industrial de los mismos; apoyar el desarrollo e implementación de regulaciones y políticas públicas que favorezcan y promuevan el reciclaje inclusivo y la economía circular; y apuntalar el posicionamiento de esta temática en la agenda pública a través de generación y difusión de conocimiento, y de campañas, acciones y productos de comunicación.

Para cumplir estos objetivos, es clave fortalecer la cadena de valor de la industria de reciclaje en la región, abordando los desafíos que presenta la misma en materia de innovación, escala, eficiencia, transparencia, entre otros. Para ello, es preciso comprender y abordar las limitaciones existentes para reciclar los envases y empaques de los productos que consume el mercado.

Objetivos del estudio

El **objetivo general** de este estudio es mejorar la información disponible acerca del conjunto de materiales usados para envases y empaques, así como sus niveles efectivos de reciclaje post-consumo por cada tipo de material, limitaciones existentes y las alternativas para incrementar la circularidad¹ de los mismos.

Los **objetivos específicos** del estudio son los siguientes:

1. **Identificar y caracterizar los materiales** utilizados para envases y empaques en tres de países de Latinoamérica.

¹Usaremos este término para hacer referencia a la medida en la cual los materiales que hagan parte del estudio son susceptibles o no de ser utilizados en sistemas productivos de “ciclo cerrado”, en el los cuales: se reduce la utilización de energía y agua, se reducen emisiones, el porcentaje de materia prima reciclada se maximiza y se conserva el valor de dichos materiales, evitando el pérdidas de calidad y la utilización de materia prima virgen.

2. Analizar las **tecnologías disponibles** para su reciclaje.
3. Evaluar su **potencial de reciclaje y circularidad**.
4. Determinar sus **niveles efectivos de reciclaje posconsumo**.
5. Determinar las principales **barreras e impulsores para su reciclaje**.
6. Identificar las **innovaciones más relevantes** que ofrecen segunda vida a plásticos que no tienen mercado de ciclo cerrado.
7. Aportar un conjunto de **recomendaciones para superar las barreras** identificadas.

El estudio está dirigido a tomadores de decisiones de organismos públicos, empresas privadas, organizaciones de recicladores, entidades de la sociedad civil y otros actores interesados en mejorar los sistemas de gestión integral de residuos en la región.

La naturaleza de este estudio apunta a generar información válida para cualquier país de América Latina, dado que trata sobre materiales de empaques y envases comunes a todos los países. Sin embargo, para facilitar la disponibilidad de datos y para incrementar la profundidad del análisis, el estudio se enfoca en tres países latinoamericanos: **Brasil, Colombia y México**.

Metodología

El estudio se desarrolla alrededor de tres aspectos principales asociados al reciclaje de envases posconsumo:

- **El análisis de las tecnologías existentes para el reciclaje de los principales materiales utilizados en envases**, realizada a través del estudio de publicaciones científicas, libros y sitios web especializados en la temática.
- **La investigación del estado de situación en cuanto a niveles de uso, recuperación y reciclaje de envases**, que se llevó a cabo por medio del análisis de informes existentes elaborados por ONG, organismos de gobierno, empresas, cámaras sectoriales, organizaciones de recicladores, así como de información provista directamente por estos actores a través de entrevistas y/o documentos.
- **La indagación sobre las barreras e impulsores existentes para el reciclaje y la circularidad de envases en los tres países abordados**, que se efectuó mediante la realización de entrevistas con actores de la cadena de reciclaje.

Adicionalmente, en el estudio se identifican innovaciones que ofrecen segunda vida a plásticos que no se reciclan a ciclo cerrado y se aportan una serie de recomendaciones para superar las barreras identificadas para el reciclaje y la circularidad. Estas últimas surgen de las entrevistas realizadas, la bibliografía estudiada y la elaboración propia del autor a partir del análisis e interpretación de los resultados del estudio.

2. Tecnologías de reciclaje

En este capítulo se presentan los principales materiales usados para envases y un resumen de los métodos empleados para su reciclaje. Para acceder a una descripción detallada de los materiales y un análisis en profundidad sobre las tecnologías de reciclaje se debe consultar la versión completa de este estudio, accesible [aquí](#).

2.1 Reciclaje de envases de plástico

Los envases plásticos están hechos principalmente de seis resinas poliméricas diferentes que se identifican por el código de identificación de resina (RIC, por sus siglas en inglés): **PET (1), HDPE (2), PVC (3), LDPE (4), PP (5) y PS (6)**. El número 7 es una categoría general que significa que el envase está hecho de un tipo de plástico distinto de los seis especificados anteriormente, o es una mezcla de plásticos, o una combinación de plásticos en múltiples capas [1, 2].

El método más común de reciclaje de plásticos es el reciclaje mecánico. Debido a su alta confiabilidad y bajo costo, el reciclaje mecánico es actualmente la técnica industrial omnipresente para el reciclaje de residuos plásticos [3, 4]. El proceso general de reciclaje mecánico de plástico posconsumo consiste en la clasificación en función del tipo de resina y color, el lavado, el empacado para el transporte, la molienda para la reducción a escamas y por último el peletizado (opcional) para convertir las escamas a pellets. El resultado de este proceso es materia prima que puede transformarse en nuevos productos. El paso principal para la transformación en nuevos productos es la fundición del plástico, lo que limita esta técnica a los polímeros termoplásticos¹ [3].

Los envases plásticos fabricados con las resinas del 1 al 6 son reciclables por medio del método mecánico de reciclaje. Los envases identificados con el número 7 pueden ser reciclados por el método mecánico siempre que sean polímeros termoplásticos, sin embargo, debido a que en principio se desconoce su composición, no se podrán predecir las propiedades del material resultante.

El reciclaje mecánico de envases plásticos posconsumo presenta varios desafíos que están relacionados con su heterogeneidad y contaminación: la contaminación con materiales no plásticos [6], la contaminación con polímeros diferentes [3, 4, 7], la contaminación con aditivos y pinturas [3, 4, 7], el reciclaje de diferentes productos plásticos [6], la degradación durante

¹Los termoplásticos son polímeros que se funden cuando se calientan y que se endurecen al enfriarse. Estas características son reversibles por lo que el material puede fundirse y enfriarse repetidas veces. Esto permite que los termoplásticos se puedan reciclar mecánicamente [5].

su vida útil y en el proceso de reciclaje [4, 6] y la contaminación química [6]. **Estas dificultades pueden generar una reducción de la circularidad**, ocasionada por la disminución en la cantidad y calidad del plástico reciclado, aunque aún no se ha cuantificado en qué medida [6].

2.2 Reciclaje de envases multicapa basados en polímeros

Los envases multicapa basados en polímeros son estructuras de dos o más capas que permiten que el envase adquiera mayores funcionalidades, frecuentemente a un menor costo que si se usara una sola capa que realice la misma función. A su vez, la estructura multicapa permite que el envase cumpla una combinación de funciones que no son posibles con una sola capa [8].

El reciclaje mecánico no es adecuado para envases multicapa basados en polímeros ya que la mayoría de las mezclas de polímeros resulta en materiales de pobre rendimiento mecánico y morfologías inestables. Tal es así, que en los procesos de reciclaje mecánico de un sólo tipo de plástico, los envases multicapa se consideran una impureza que debe separarse para no afectar la calidad del material reciclado [7].

Se analizaron tres técnicas de reciclaje de envases multicapa basados en polímeros: compatibilización, disolución - reprecipitación selectiva y delaminación [7]. **Ninguno de los métodos estudiados puede considerarse una solución al reciclaje de envases multicapa**, ya que no han alcanzado el grado de desarrollo tecnológico ni el nivel de adopción suficiente. Por lo tanto, en la actualidad **el potencial de circularidad de estos envases es extremadamente limitado**.

2.3 Reciclaje de envases de papel y cartón

El reciclaje de papel y cartón se realiza rociando el material con grandes cantidades de agua para descomponerlo en fibras individuales (pulpa). La pulpa se prensa, se seca y se enrolla en grandes hojas delgadas de papel reciclado [9]. **El papel y cartón no pueden reciclarse indefinidamente** ya que el proceso de reciclaje acorta las fibras cada vez que se procesan, de modo que después de aproximadamente cinco a diez ciclos, las fibras son demasiado cortas para hacer papel y se convierten en lodo de papel. Por lo tanto, debe introducirse fibra virgen en el mercado de manera regular para mantener la cantidad y la calidad de papel. **Esto representa una limitación para el potencial de circularidad del papel y cartón** [9].

2.4 Reciclaje de envases metálicos

Las principales materias primas utilizadas en la fabricación de envases de metal son el acero y el aluminio. A través de la fundición, **estos envases pueden reciclarse infinitamente sin pérdida de sus propiedades**. A diferencia del papel y el plástico, los metales se reciclan a nivel atómico. Es decir, que una vez que se vuelve a fundir, el metal reciclado es indistinguible del metal nuevo [10]. Por este motivo, **los envases metálicos tienen un alto potencial de circularidad**.

2.5 Reciclaje de envases de vidrio

Los envases de vidrio pueden reciclarse infinitamente sin pérdida de resistencia o calidad, lo que les confiere un elevado potencial de circularidad. El vidrio se recicla calentándolo hasta fundirse para luego darle forma de recipiente nuevamente. Para su adecuado reciclaje el vidrio debe clasificarse según su color [11].

2.6 Reciclaje de cartones para bebidas

Los cartones para bebidas son envases multilaminados que **están hechos 75 % de cartón, 20 % de polietileno y 5 % de aluminio**. Estos tres materiales se colocan en capas usando calor y presión para formar una armadura de seis capas que protege el contenido de la luz, el oxígeno, el aire, la suciedad y la humedad [12].

Se han identificado tres métodos para reciclar cartones para bebidas. **El método más común de reciclaje es similar al del papel y cartón. Allí, el polietileno y el aluminio extraídos se procesan como un material compuesto conocido como polialuminio**, que se utiliza para hacer chapas onduladas para techos y placas para la fabricación de muebles, entre otros productos [12, 13].

La segunda técnica disponible es la delaminación, en la que los distintos materiales se separan sin perder ni transformar ninguno de ellos, por lo que pueden volver a utilizarse como materias primas [14]. Esta tecnología tiene un grado de desarrollo suficiente para el reciclaje de cartones para bebidas y se encuentra disponible comercialmente, sin embargo, su nivel de adopción a escala global es muy limitado.

El tercer método de reciclaje consiste en el prensado térmico del envase completo en combinación con otros plásticos reciclables, para producir una placa símil aglomerado que reemplaza a la madera en varias aplicaciones, como por ejemplo mobiliario escolar [15].

Hasta el momento, los cartones para bebidas no se reciclan a ciclo cerrado debido a que el cartón debe contar con una resistencia específica que sólo se consigue utilizando fibra virgen y a que los procesos de separación de polialuminio no están suficientemente extendidos en el mundo. En Latinoamérica, no hay suficiente volumen de material que justifique la inversión en una planta de procesamiento. Por esta razón, se utiliza el procesamiento combinado que es menos costoso [16].

La Tabla 2.1 muestra un resumen de los principales materiales usados para envases, sus aplicaciones más comunes y los métodos empleados para su reciclaje.

Tabla 2.1: Materiales utilizados para envases, ejemplos de aplicaciones, métodos de reciclaje y nivel de madurez de los mismos.

Niveles de madurez de las tecnologías de reciclaje			Nivel de madurez
La tecnología es de uso estándar en el reciclaje del material posconsumo			
La tecnología cuenta con un nivel de desarrollo suficiente para el reciclaje del material posconsumo pero su nivel de adopción a nivel mundial es muy limitado.			
La tecnología no cuenta con un nivel de desarrollo suficiente para el reciclaje del material posconsumo			
Material	Aplicaciones en envases	Método de reciclaje	Nivel de madurez
PET (Tereftalato de polietileno)	Botellas gaseosa, aceite, agua, jugos	Mecánico	
HDPE (Polietileno de alta densidad)	Botellas para productos no alimenticios (cosméticos, champú, detergentes, limpiadores domésticos) Botellas para productos alimenticios (agua, jugos, leche)	Mecánico	
PVC (Policloruro de vinilo)	Rígidos: envases tipo blisters para chicles, medicamentos y otros productos. Bandejas para huevos y alimentos en general. Frascos. Flexibles: Film extensible	Mecánico	
LDPE (Polietileno de baja densidad)	Bolsas para todo uso: limpieza, alimentos congelados, productos frescos, basura doméstica. Film extensible. Botellas exprimibles (mostaza, ketchup).	Mecánico	
PP (Polipropileno)	Contenedores para yogur, crema, comidas para llevar. Botellas de medicamentos. Tapas y cierres de botellas. BOPP: Snacks, sopas, pastas secas, arroz, etiqueta.	Mecánico	
PS (Poliestireno)	Recipientes para llevar comida, platos, cubiertos, vasos de yogurt. Bandejas para carnes, recipientes para huevos, espuma protectora para productos electrónicos y otros artículos delicados (EPS).	Mecánico	
Otros	Botellones reutilizables de 5, 10, 20 litros de agua. Botellas de champú.	Mecánico	
Envases multicapa basados en polímeros	Snacks, galletitas, helados, alimentos congelados, Stand-up pouch.	Disolución selectiva y reprecipitación	
		Delaminación	
		Compatibilización	
Vidrio	Frascos, botellas	Fundición	
Metal (acero y aluminio)	Latas de alimentos, bebidas, aerosoles	Fundición	
Papel y cartón	Bolsas de té y café, bolsas de harina, cajas plegables, cajas rígidas, cajas de cartón corrugado.	Pulpeado	
Cartones para bebidas	Leche, yogurt, jugos	Pulpeado y procesamiento combinado polialuminio	
		Delaminación	

3. Uso, recuperación y reciclaje de envases

En este capítulo se presentan las cantidades usadas de envases de los distintos materiales y sus correspondientes tasas de recuperación y reciclaje en Brasil, Colombia y México. Además, con el objetivo de poner un contexto las cifras locales, se presentan los índices de uso y reciclaje de envases de Europa. Para acceder a un mayor detalle sobre cada uno de estos puntos se debe consultar la versión completa de este estudio, accesible [aquí](#).

Es importante mencionar que las cifras presentadas están basadas en las fuentes de información¹ recabadas para este estudio y son de carácter estimativo. En algunos casos, se presentan estimaciones propias en función de los datos obtenidos. Los envases multicapa basados en polímeros no se analizan por separado ya que están comprendidos dentro del grupo de envases plásticos.

La Tabla 3.1 presenta las cantidades usadas de cada material en envases y su participación porcentual. Esta última representa la fracción del mercado de envases que ocupa cada uno de los materiales, calculada según su peso.

	Colombia		México		Brasil		Europa	
	Uso en EE (kt)	Participación porcentual	Uso en EE (kt)	Participación porcentual	Uso en EE (kt)	Participación porcentual	Uso en EE (kt)	Participación porcentual
Papel y cartón	900	44,3 %	3.295	31,8 %	4.861	55,5 %	31.200	48,3 %
Vidrio	266	13,1 %	3.420	33,0 %	1.000	11,4 %	14.000	21,7 %
Plástico	691	34,0 %	2.640	25,5 %	1.931	22,0 %	14.500	22,5 %
Acero	102 ^a	5,0 % ^a	530	5,1 %	425	4,9 %	3.394	5,3 %
Aluminio	61 ^a	3,0 % ^a	295	2,8 %	303	3,5 %	564	0,9 %
Cartones para bebidas	13,6	0,7 %	190	1,8 %	240	2,7 %	915	1,4 %

a) Estimación propia en base a la participación de este material en México y Brasil, debido a la falta de datos para Colombia.

Tabla 3.1: Uso de materiales para envases en México, Brasil, Colombia y Europa.

¹Fuentes de información: Colombia [17–22]; México [16, 23–26]; Brasil [27–32]; Europa [33–39]

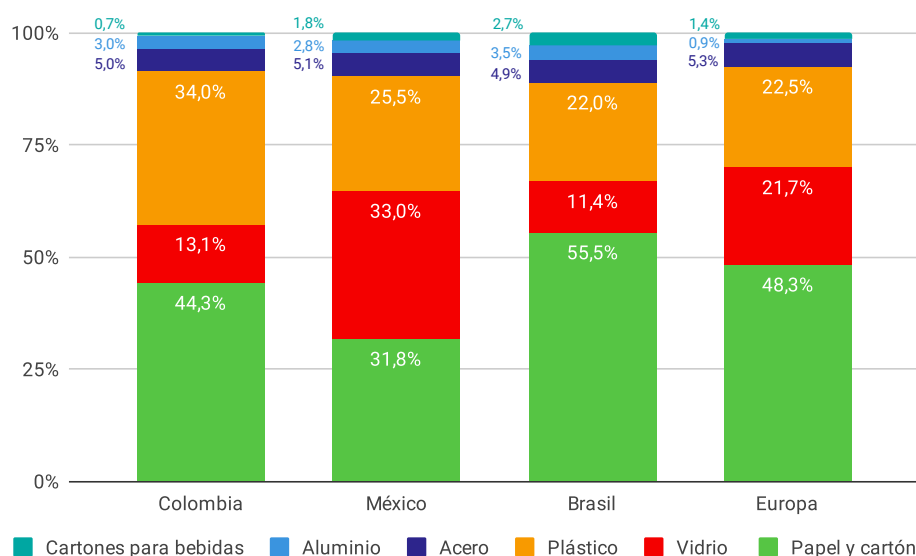


Figura 3.1: Participación porcentual de los materiales usados en envases Colombia, México, Brasil y Europa.

Como se puede observar en la Figura 3.1, la participación de los materiales de envases es similar en los países en estudio y en Europa. En todos los casos, los envases más utilizados son los de papel y cartón, plástico y vidrio, representando alrededor del 90 % del mercado (calculado según su peso). Los envases metálicos y los cartones para bebidas tienen una participación que ronda el 10 %.

La Tabla 3.2 presenta las tasas de recuperación y reciclaje en México, Brasil y Colombia y el índice de reciclaje promedio en Europa para cada material. Es importante señalar que las cifras mostradas representan diferentes tasas², de acuerdo a lo indicado por el superíndice en cada caso. El papel y cartón posee una tasa de recuperación respecto a su uso en envases superior al cien por ciento debido a que se recupera más material que el utilizado en envases.

	Colombia	México	Brasil	Europa
Papel y cartón	77,4 % ^b	103,2 % ^a	81,4 % ^c	72,3 % ^c
Acero	ND	96,6 % ^b	47,0 % ^c	82,5 % ^c
Aluminio	ND	96,6 % ^b	97,3 % ^c	74,5 % ^c
Plástico	13,1 % ^a	26,2 % ^a	20,3 % ^c	42,0 % ^c
Cartones para bebidas	10,0 % ^c	25,0 % ^c	31 % ^c	47,0 % ^c
Vidrio	42,5 % ^b	9,9 % ^a	47,0 % ^c	76,0 % ^c

a) Tasa de recuperación respecto a su uso en envases.

b) Tasa de recuperación de envases.

c) Tasa de reciclaje.

Tabla 3.2: Tasas de recuperación y reciclaje de materiales usados para envases en México, Brasil y Colombia e índice de reciclaje promedio por material en Europa. ND: no disponible.

²La definición de las diferentes tasas de recuperación y reciclaje se encuentran en el [Glosario](#).

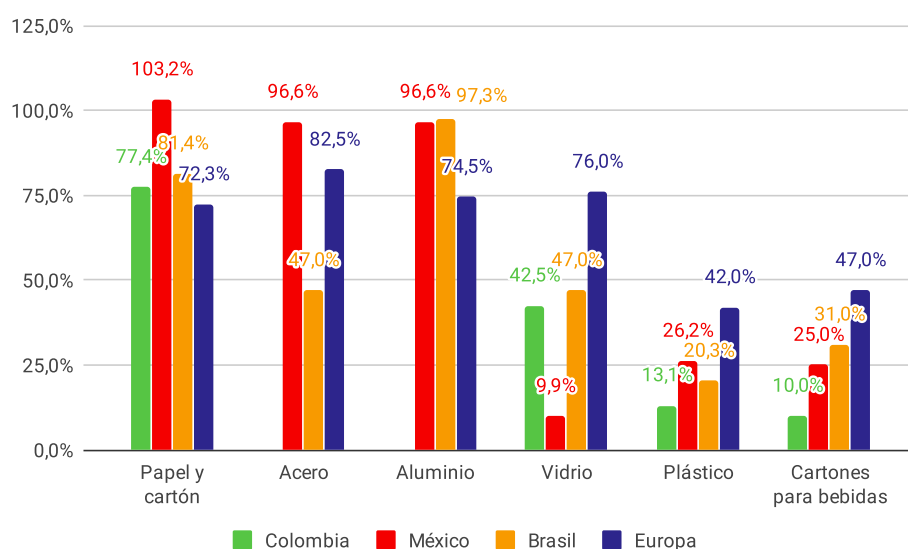


Figura 3.2: Tasas de recuperación y reciclaje de materiales usados para envases en México, Brasil y Colombia e índice de reciclaje promedio por material en Europa.

Como se aprecia en la Figura 3.2, las tasas más elevadas de recuperación y reciclaje en los países en estudio corresponden a los envases metálicos³, de papel y cartón y de vidrio (excepto en México), con cifras que van del 40 % al 100 % aproximadamente. Estas tasas son similares y en algunos casos superiores al promedio europeo. Sólo en el caso del vidrio son marcadamente menores.

Por otro lado, en los países en estudio los cartones para bebidas tienen tasas de reciclaje que van del 10 % al 31 %. En tanto que las tasas para los envases plásticos están en el rango del 13 % al 26 % aproximadamente. En ambos casos, las cifras son significativamente menores que el índice promedio europeo de reciclaje, que es de 49 % para cartones para bebidas y 42 % para envases plásticos. Además, en Europa la tasa más baja de reciclaje de envases plásticos es del 18,3 % (Liechtenstein) y la más alta del 74 % (Lituania) [38]. Por lo tanto, las tasas de recuperación y reciclaje de envases plásticos en Colombia, Brasil y México son más cercanas al mínimo europeo que al índice promedio.

Entre los plásticos se destacan las botellas de PET con tasas de recuperación y reciclaje superiores al 50 % en Brasil y México y del 30 % en Colombia, mientras que en Europa el índice promedio es de 58,2 % [40].

³No contempla Colombia ya que no se cuenta con datos de recuperación y reciclaje de envases metálicos.

4. Barreras e impulsores del reciclaje

En este capítulo se presentan las barreras e impulsores identificados para el reciclaje y la circularidad de envases de los materiales estudiados. Para acceder a una descripción detallada de las barreras e impulsores se debe consultar la versión completa de este estudio, accesible [aquí](#).

Los envases plásticos (incluyendo multicapas y excluyendo al PET) y los cartones para bebidas son los que tienen mayor cantidad de barreras y menos impulsores para su reciclaje y circularidad. Estos presentan las tasas de recuperación y reciclaje más bajas, que están en el rango del 0 % al 37 %. Los envases con menos barreras y más impulsores para su reciclaje y circularidad son los envases metálicos, de papel y cartón, botellas de PET y de vidrio, que presentan tasas de recuperación y reciclaje en el rango del 40 % al 100 % (excepto el vidrio México)¹.

Envases de plástico

Los envases plásticos afrontan una serie de complejas dificultades técnicas para su reciclaje asociadas a la heterogeneidad y la contaminación, que fueron descritas en la sección 2.1. Complican aún más la situación la falta de uniformidad de los envases [41], la utilización de colorantes [41, 42], la atadura de la rentabilidad del proceso de reciclaje al precio del petróleo [3], la falta de desarrollo de procesos de reciclaje a ciclo cerrado para todas las resinas y la consecuente limitación normativa para el uso de plástico posconsumo reciclado en envases de alimentos.

En particular, algunas resinas sufren mayores dificultades, por ejemplo el PE y PP retienen compuestos químicos al ser reciclados [6], son difíciles de diferenciar entre sí [30] y su bajo peso desincentiva su recolección [43]. Esto último también ocurre con el EPS debido a su densidad extremadamente baja [44].

El plástico es el segundo o tercer material más utilizado en envases con una participación que está entre el 22 % y 34 % dependiendo del país. Esto, sumado a las barreras mencionadas y sus tasas de reciclaje, implica que **los envases plásticos son los que enfrentan mayores desafíos de todos los envases analizados**.

¹Este análisis no considera la tasa de reciclaje de envases metálicos en Colombia por falta de datos

Botellas de PET

Las botellas de PET cargan con las dificultades propias del reciclaje mecánico de plásticos, sin embargo, la alta demanda del material, la baja heterogeneidad y la consecuente facilidad de clasificación, junto con la posibilidad de reciclarse a ciclo cerrado [41, 45] y su precio relativamente elevado [44, 46, 47] promueven su reciclaje.

Envases multicapa basados en polímeros

La principal barrera para el reciclaje de los envases multicapa basados en polímeros es la falta de tecnologías que hayan alcanzado el grado de desarrollo tecnológico y el nivel de adopción suficiente para su reciclaje.

Envases de papel y cartón

El papel y cartón enfrentan como barreras para su reciclaje la contaminación con restos orgánicos [48] y su bajo precio [44, 46–51]. Además, están limitados en la cantidad de ciclos de reciclaje debido a la pérdida de calidad en el proceso [9]. En Brasil la normativa no restringe el uso de papel y cartón reciclado en envases de alimentos [52], a diferencia de lo que ocurre en Colombia donde está parcialmente limitado [53]. En México, la normativa existente no hace referencia al uso de ningún tipo de material posconsumo reciclado en envases destinados a entrar en contacto con alimentos, sin embargo, establece que los materiales de los envases deben ser inocuos [54]. La larga trayectoria de la industria de papel y cartón en el reciclaje y la facilidad de manipulación del material funcionan como impulsores.

Envases metálicos

En el caso de los envases de aluminio no se han identificado barreras para su reciclaje y para los envases de acero la contaminación con restos orgánicos es la única barrera hallada [55]. Ambos materiales comparten varios impulsores: el reciclaje a ciclo cerrado [10, 56], el ahorro de costos energéticos [57, 58], su uso en otras industrias [55, 56] y su densidad alta. El aluminio además tiene un precio alto [44, 46, 47] y es fácil de compactar [55]. El acero por su parte se separa fácilmente mediante bandas magnéticas [55]. Además, los envases metálicos se pueden reciclar indefinidas veces sin pérdida de sus propiedades y el material resultante es indistinguible de la materia prima virgen. Esto le otorga a los envases metálicos un alto potencial de circularidad. Por último, la normativa en Colombia y Brasil no restringe el uso de metal reciclado en envases de alimentos [59, 60].

Envases de vidrio

Los envases de vidrio tienen el precio más bajo del mercado de materiales reciclables [44, 46, 47]. Esto junto con su reutilización para la adulteración de bebidas alcohólicas (Colombia y México) [61, 62] son las principales limitantes para su reciclaje. Los envases de vidrio pueden reciclarse sin pérdida de calidad y a ciclo cerrado [10, 11], son fácilmente identificables durante la recolección [49, 61], cuentan con una densidad alta, se generan en grandes cantidades y no enfrentan limitaciones desde el punto de vista normativo [63, 64].

Cartones para bebidas

Los cartones para bebidas enfrentan el rechazo de los recuperadores debido a su bajo precio [15, 27, 44, 46, 47] y a la contaminación con restos orgánicos [49]. Por su parte, la industria papelera teme que la incorporación de estos envases en sus procesos ponga en riesgo la calidad del papel obtenido, además de provocar una merma si no se implementa una línea de reciclaje exclusiva que permita la obtención de polialuminio puro [16]. A pesar de esto, que la industria papelera sea la encargada del reciclaje de cartones para bebidas se puede considerar un impulsor para su reciclaje ya que debido a las altas tasas de utilización de material reciclado podría generar una demanda sostenida de estos envases posconsumo y asegurar el aprovechamiento del cartón. No obstante, al no poder reciclarse a ciclo cerrado [16], la demanda de cartones para bebidas posconsumo está limitada en parte por la demanda de polialuminio para fabricación de una variedad reducida de productos.

Las tasas de recuperación y reciclaje de cartones para bebidas son similares a las de los envases plásticos, sin embargo, se diferencian de estos en que sólo representan entre el 0,7 % y 2,7 % de los envases puestos en el mercado en los países en estudio.

Las Tablas 4.1, 4.2 y 4.3 muestran un resumen de las barreras e impulsores identificados junto con las tasas correspondientes de recuperación o reciclaje para cada material.

		Análisis general	Brasil	Colombia	México
Envases de PAPEL Y CARTÓN	CIRCULARIDAD	– Pérdida de calidad en los sucesivos ciclos de reciclaje + Conserva suficiente calidad para ser reciclado algunos ciclos	+ La normativa permite el uso del material reciclado en envases de alimentos	– La normativa prohíbe el uso de material reciclado para el contacto con alimentos que no sean sólidos secos + La normativa permite el uso de material reciclado en envases de alimentos que necesariamente se pelan para su consumo	
	RECICLAJE	– Bajos precios internacionales – Contaminación + Facilidad de manipulación + Larga trayectoria de la industria de papel y cartón en el reciclaje + Altas cantidades de material generadas		+ Mercado estable – Cierre estacional de industrias	
	TASAS DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE		81,4%***	77,4%**	103,2%*
Envases de ALUMINIO	CIRCULARIDAD	+ Reciclaje sin pérdida de calidad	+ La normativa permite el uso del material reciclado en envases de alimentos	+ La normativa no restringe el uso del material reciclado para el contacto con alimentos	
	RECICLAJE	+ Facilidad de compactación + Densidad alta + Reciclaje a ciclo cerrado + Ahorro de costos energéticos	+ Precio alto + Uso en otras industrias	+ Precio alto	+ Precio alto + Uso en otras industrias
	TASAS DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE		97,3%***	ND	96,6%**
Envases de ACERO	CIRCULARIDAD	+ Reciclaje sin pérdida de calidad	+ La normativa permite el uso del material reciclado en envases de alimentos	+ La normativa no restringe el uso del material reciclado para el contacto con alimentos	
	RECICLAJE	– Contaminación + Densidad alta + Separación mediante bandas magnéticas + Reciclaje a ciclo cerrado + Ahorro de costos energéticos			+ Uso en otras industrias
	TASAS DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE		47%***	ND	96,6%**

* Tasa de recuperación del material respecto a su uso en envases y empaques.

** Tasa de recuperación de envases y empaques.

*** Tasa de reciclaje de envases y empaques.

– Barrera
+ Impulsor

Tabla 4.1: Barreras e impulsores para el reciclaje de envases de papel y cartón, aluminio y acero.

Análisis general		Brasil	Colombia	México
Envases de VIDRIO	CIRCULARIDAD	+ Reciclaje sin pérdida de calidad	+ La normativa permite el uso del material reciclado en envases de alimentos	+ La normativa permite el uso del material reciclado en envases de alimentos
	RECICLAJE	+ Facilidad de identificación + Densidad alta + Reciclaje a ciclo cerrado	- Precio bajo + Cantidades altas de material generadas - Reutilización de envases para la adulteración de bebidas alcohólicas + Cantidades altas de material generadas + Demanda alta del material	- Precio bajo - Reutilización de envases para la adulteración de bebidas alcohólicas + Cantidades altas de material generadas
	TASAS DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE	47%***	42,5%**	9,9%*
Cartones para BEBIDAS	CIRCULARIDAD	- Desarrollo tecnológico insuficiente para el reciclaje a ciclo cerrado		
	RECICLAJE	- Riesgo del proceso de reciclaje - Inversión adicional requerida para recuperación de polialuminio - Contaminación - Reciclaje a ciclo abierto + Reciclaje en la industria papelera	- Precio bajo	- Precio bajo
	TASAS DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE	31%***	11%***	25%***
Envases MULTICAPA basados en polímeros	CIRCULARIDAD			
	RECICLAJE	- Desarrollo tecnológico insuficiente para el reciclaje		
	TASAS DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE	1,1%***	ND	ND

* Tasa de recuperación del material respecto a su uso en envases y empaques.

** Tasa de recuperación de envases y empaques.

*** Tasa de reciclaje de envases y empaques.

- Barrera
+ Impulsor

Tabla 4.2: Barreras e impulsores para el reciclaje de envases de vidrio, cartones para bebidas y envases multicapa basados en polímeros.

		Análisis general	Brasil	Colombia	México
Envases PLÁSTICOS	CIRCULARIDAD	- Dificultades técnicas del reciclaje mecánico	- La normativa prohíbe en general el uso de plástico posconsumo reciclado en envases destinados a entrar en contacto con alimentos + La normativa establece que se podrán estudiar procesos tecnológicos especiales de obtención de resinas a partir de materiales reciclables que puedan usarse en contacto con alimentos	- La normativa prohíbe en general el uso de plástico posconsumo reciclado en envases destinados a entrar en contacto con alimentos + La normativa permite el uso de plástico posconsumo reciclado en envases multicapa que cuenten con una barrera funcional + La normativa permite el uso en envases de alimentos de plástico posconsumo reciclado de grado alimentario validado	
	RECICLAJE	- Contaminación con materiales no plásticos - Contaminación con polímeros diferentes - Contaminación con aditivos y pinturas - Reciclaje de diferentes productos plásticos - Degradación durante su vida útil y en el proceso de reciclaje - Contaminación química - Reciclaje conjunto de envases de alimentos y envases de no alimentos - Utilización de colorantes - Volatilidad del precio del petróleo			
	TASAS DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE		20,3%***	13,1%*	26,2%*
Envases de PET	CIRCULARIDAD	+ Tecnología de reciclaje grado alimentario	+ Tecnología de reciclaje grado alimentario	+ Tecnología de reciclaje grado alimentario	+ Tecnología de reciclaje grado alimentario
	RECICLAJE	- Dificultades técnicas del reciclaje mecánico + Reciclaje a ciclo cerrado + Heterogeneidad baja + Precio medio - alto + Densidad media	+ Cantidades altas de material generadas	+ Cantidades altas de material generadas	+ Cantidades altas de material generadas
	TASAS DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE		54,9%***	30%***	56,2%*
Envases de otras resinas (PE, PP, PVC, PS)	CIRCULARIDAD		- Falta de tecnología de reciclaje grado alimentario	- Falta de tecnología de reciclaje grado alimentario	- Falta de tecnología de reciclaje grado alimentario
	RECICLAJE	- Dificultades técnicas del reciclaje mecánico - Heterogeneidad alta - Reciclaje a ciclo abierto de envases de alimentos - PE y PP: Retención de compuestos químicos - PE y PP (envases flexibles): Peso bajo - PE y PP: Dificultad de diferenciación - EPS: Densidad muy baja		PVC, PS, EPS: - Demanda baja - Precio bajo	
	TASAS DE RECUPERACIÓN Y RECICLAJE		Flexibles <12,3% PS: 8,6% ***	ND	Flexibles < 8,2% PP rígido: 12,1% HDPE rígido: 36,9%*

* Tasa de recuperación del material respecto a su uso en envases y empaques.

** Tasa de recuperación de envases y empaques.

*** Tasa de reciclaje de envases y empaques.

- Barrera
+ Impulsor

Tabla 4.3: Barreras e impulsores para el reciclaje de envases plásticos.

5. Barreras en la cadena del reciclaje

En este capítulo se presentan una serie de obstáculos identificados en las cadenas de reciclaje de Brasil, Colombia y México. Es importante aclarar que dado que no es uno de los objetivos de este trabajo realizar un análisis de las cadenas de reciclaje, la información presentada aquí no pretende ser exhaustiva, sino que representa una muestra de los principales factores que los entrevistados y la bibliografía analizada identifican como dificultades en el funcionamiento de los circuitos de reciclaje de los países en estudio. Los obstáculos se presentan de forma conjunta para los tres países y se hace la aclaración pertinente en los casos en los que la información no corresponde al grupo de países. Para acceder a un mayor detalle sobre las barreras en las cadenas de reciclaje se debe consultar la versión completa de este estudio, accesible [aquí](#).

Para simplificar su comprensión las barreras se presentan ordenadas de acuerdo a las etapas de las cadenas de reciclaje.

Diseño y producción de bienes

- Ausencia de normas que regulen el diseño de envases reciclables [65].
- Producción de envases complejos y difíciles de reciclar o no reciclables, para satisfacer simultáneamente los requisitos propios de los productos envasados, necesidades de marketing y limitaciones de costos [65–67].
- Competencia por costos de los materiales reciclados con materias primas vírgenes o materiales recuperados importados, por ejemplo, en los casos del plástico y vidrio [45, 61, 66].

Consumo y generación de residuos

- Falta de una cultura de separación de los residuos por parte de la ciudadanía [20, 27, 65, 68, 69].
- Falta de incentivos y sanciones que promuevan la separación en origen [43, 68].
- Contaminación de los materiales con residuos orgánicos u otros que reducen su calidad y dificultan su reciclaje [48, 67, 69].

Recolección, clasificación y almacenamiento

- En Brasil y México, los altos niveles de informalidad en la actividad [16, 25, 43, 65, 66, 68].
- En Brasil y México, los recuperadores tienden a recoger los materiales que les permiten generar mayores ingresos. Esto se debe a que no se les paga por el servicio que realizan, sino que obtienen su remuneración únicamente de la venta de los materiales [67, 68]. Colombia es el primer país del mundo en el que los recuperadores reciben una remuneración por el servicio de recolección de materiales reciclables a través de la tarifa del servicio público de aseo que abonan los usuarios del mismo [44].
- El bajo nivel de capacitación y tecnificación en la actividad de las asociaciones de recicladores repercute negativamente en la calidad de los materiales recuperados [43, 65, 70].
- En general las asociaciones de recicladores en Colombia no tienen las capacidades para agregar valor a los materiales más allá de su recolección y clasificación [49].
- En México, falta inversión en infraestructura para la separación y acopio de los materiales reciclables por parte del Estado. Los recuperadores los separan en las calles a medida que realizan la recolección de los residuos con los camiones [43, 45, 67].
- En México, falta apoyo y reconocimiento a los recuperadores por parte del Estado [43, 67, 69].
- Recolección selectiva municipal limitada [20, 71, 72].

Comercialización

- Salvo excepciones, por cuestiones de escala, económicas y de informalidad, las asociaciones de recicladores tienen dificultades para vender los materiales recuperados directamente a las industrias transformadoras. [44, 49, 68–70].
- En general, las asociaciones de recicladores manifiestan que se les pagan precios bajos por los materiales recuperados, además de que ocurren muchas variaciones de precios en el mercado de materiales reciclables [44, 49, 69, 70].
- La participación en la cadena de reciclaje de *brokers* (intermediarios) eleva el precio que las industrias pagan por los materiales y reduce el precio que llega a los centros de acopio y recuperadores. La reducción en los precios que reciben los recuperadores desincentiva su actividad y al mismo tiempo produce que ciertos materiales no valgan lo suficiente para ser recuperados [45, 65, 66, 68, 69].

Transformación

Las barreras para el reciclaje en esta etapa varían de acuerdo al material y han sido presentadas en el capítulo 4.

6. Innovaciones para el reciclaje de envases plásticos

En vista de las barreras existentes para el reciclaje de envases plásticos a ciclo cerrado, se presentan en este capítulo una serie de innovaciones tecnológicas que ofrecen segunda vida a estos a través del reciclaje a ciclo abierto. Si bien en la actualidad se fabrican una gran variedad de productos con plástico reciclado, el propósito de este capítulo es mostrar algunas alternativas que pueden generar una demanda de plástico posconsumo reciclado comparable a los volúmenes introducidos al mercado.

Para acceder a un mayor detalle sobre las innovaciones tecnológicas se debe consultar la versión completa de este estudio, accesible [aquí](#).

Grava plástica

La empresa argentina Arqlite produce grava para la construcción, jardinería y paisajismo, a partir de restos de envases plásticos de todo tipo (flexibles, rígidos, multicapa, metalizados). En el sector de la construcción la grava plástica se utiliza como reemplazo de la grava mineral en premoldeados de hormigón, hormigón liviano, aplicaciones no estructurales y sistemas de drenaje. La grava plástica es tres veces más liviana que la grava mineral, brinda mayor aislación térmica y acústica, y reduce la huella de carbono de las mezclas de concreto [73].

En la actualidad, Arqlite sólo produce grava a partir de restos plásticos posindustriales que son enviados a su planta por empresas productoras de envases a costos similares a los que tiene la disposición final en rellenos sanitarios. Los principales desafíos que enfrenta la empresa son, en primer lugar, lograr la aceptación del producto en el sector de la construcción, y en segundo lugar, conseguir mayor cantidad de plástico para reciclar. Por esto último, planean continuar el desarrollo de la tecnología para poder utilizar en el futuro cercano envases plásticos posconsumo [74].

Calles con plástico

Se han identificado a nivel mundial dos tecnologías que utilizan residuos plásticos posconsumo en la construcción de calles y rutas. La primera de ellas fue desarrollada y patentada en India en 2006. El proceso, que es simple y no requiere nuevas maquinarias, consiste en reemplazar un 10 % del betún utilizado en el asfalto con plástico posconsumo. El asfalto obtenido tiene una mayor vida útil que el asfalto tradicional [75], aunque una desventaja importante podría ser la generación de microplásticos como consecuencia del desgaste del material durante su vida útil [76]. Algunos envases utilizados en la mezcla con el asfalto son bolsas, envoltorios de snacks,

galletitas y chocolates, entre otros, presumiblemente de PE, PP y multicapas. Esta tecnología se ha usado en varias ciudades de India [77] y en Indonesia [78], Reino Unido [79] y México [80].

La segunda tecnología de construcción de calles con plástico tiene su origen en Holanda y representa un nuevo concepto en la construcción de calles en el que se producen bloques huecos prefabricados y modulares con plástico posconsumo reciclado. Esta técnica permite acelerar los tiempos de construcción de calles, simplificar su reparación y extender su vida útil, además de brindarle nuevas funcionalidades como la capacidad de drenaje en caso de lluvia, la instalación de caños, cables y sensores, o la carga de autos eléctricos. Hasta fines de 2018 la tecnología se encontraba en etapa piloto, con dos secciones de sendas para bicicletas de treinta metros cada una construidas en dos ciudades holandesas [81].

Madera plástica

Una tercer alternativa para el reciclaje de envases plásticos posconsumo es la fabricación de madera plástica, un material similar a la madera hecho con una combinación de madera con plástico o completamente formado por plástico.

En Colombia, la Asociación de Recicladores de Bogotá ha desarrollado una iniciativa para la producción de madera plástica, utilizando tecnología desarrollada por la Fundación Botellas de Amor. El proyecto cuenta con una planta propia en Bogotá que elabora este material a partir de envases recolectados por recicladores pertenecientes a la asociación. Con la madera plástica producida se construyen y mejoran viviendas de los recicladores. Además, se elaboran postes, cercas, bancos, mesas, sillas, entre otros productos [82].

Existen también emprendimientos de madera plástica en Brasil, México y en otros países de la región y el mundo [83–88].

Todas las tecnologías presentadas anteriormente ofrecen una segunda vida a plásticos posconsumo que no se reciclan a ciclo cerrado, pudiendo generar una demanda significativa de estos al superar algunas barreras que existen actualmente para su reintroducción a los ciclos productivos. Sin embargo, ninguna de estas alternativas podría por sí misma y de manera aislada solucionar las dificultades del reciclaje de envases plásticos posconsumo en Brasil, Colombia y México. Para esto deben atenderse de manera sistémica las barreras en las cadenas de reciclaje y las limitaciones inherentes al reciclaje de envases plásticos.

7. Conclusiones

En el presente trabajo se estudiaron las tecnologías disponibles para el reciclaje del conjunto de materiales usados para envases y empaques, el estado de situación en cuanto a niveles de uso, recuperación y reciclaje de envases y las barreras e impulsores existentes para el reciclaje de cada material en Brasil, Colombia y México. Además, se identificaron innovaciones que ofrecen segunda vida a plásticos que no se reciclan a ciclo cerrado.

Tecnologías de reciclaje

- Los materiales utilizados para envases y empaques a nivel mundial son el plástico, papel y cartón, aluminio, acero, vidrio y dos tipos de envases compuestos: los envases multicapa basados en polímeros y los cartones para bebidas.
- Las resinas plásticas más utilizadas son el PET, HDPE, PVC, LDPE, PP y PS.
- La tecnología predominante para el reciclaje de envases plásticos es el reciclaje mecánico debido a su alta confiabilidad y bajo costo. Todas las resinas utilizadas para envases pueden ser recicladas por este método.
- El reciclaje mecánico de envases plásticos posconsumo presenta una serie de dificultades asociadas a su heterogeneidad y contaminación. Estas pueden generar una disminución en la cantidad y calidad del plástico reciclado y por lo tanto una reducción de la circularidad, aunque aún no se ha cuantificado en qué medida.
- En el caso de los envases multicapa basados en polímeros no se identificaron métodos que puedan considerarse una solución para su reciclaje, ya que estos no han alcanzado el grado de desarrollo tecnológico ni el nivel de adopción suficiente. Por esta razón, el potencial de circularidad de estos envases en la actualidad es extremadamente limitado.
- Los envases de papel y cartón se reciclan mediante un método estándar en la industria papelera en el que el material se descompone en fibras individuales mediante el uso de agua. La pérdida de calidad del papel y cartón en los sucesivos ciclos de reciclaje que limita en parte el potencial de circularidad.
- Los envases metálicos se reciclan a nivel atómico a través de la fundición, por lo que el metal reciclado es indistinguible del metal nuevo. Esto hace que los envases metálicos tengan un alto potencial de circularidad.
- Los envases de vidrio también se reciclan por medio de la fundición del material y pueden reciclarse infinitamente sin pérdida de resistencia o calidad, o la generación de subproductos nocivos. Esto les confiere un elevado potencial de circularidad.

- Los cartones para bebidas se procesan en la industria papelera para utilizar el cartón para la producción de papel reciclado. El polialuminio se procesa como un material compuesto que se utiliza para hacer productos como chapas onduladas para techos y placas para la fabricación de muebles. Actualmente, los cartones para bebidas no se reciclan a ciclo cerrado.

Uso, recuperación y reciclaje de envases

- Los envases más utilizados en Brasil, Colombia y México son los de papel y cartón, vidrio y plástico. Estos tienen una participación en el mercado que ronda el 90 % (calculada según su peso). El 10 % restante corresponde a envases metálicos y cartones para bebidas. Además, se encontró que en Europa la distribución del mercado de envases es similar.
- Los envases metálicos¹, de papel y cartón y de vidrio² presentan tasas de recuperación y reciclaje que van del 40 % al 100 % aproximadamente. Estas cifras son cercanas y en algunos casos superiores al promedio europeo. Sólo en el caso del vidrio son significativamente inferiores.
- Los cartones para bebidas tienen tasas de reciclaje que van del 10 % al 31 %. Para los envases plásticos las tasas están en el rango del 13 % al 26 % aproximadamente. En ambos casos, las cifras son considerablemente menores que el índice promedio europeo de reciclaje.
- Las mejores tasas de recuperación y reciclaje entre los plásticos pertenecen a las botellas de PET, siendo superiores al 50 % en Brasil y México y del 30 % en Colombia, mientras que en Europa el índice promedio es de 58,2 %.

Barreras e impulsores del reciclaje

- Los envases con menos barreras y más impulsores para su reciclaje y circularidad son los envases metálicos, de papel y cartón, las botellas de PET y de vidrio.
- Los cartones para bebidas y los envases plásticos (incluyendo multicapas y excluyendo al PET) son los que enfrentan mayor cantidad de barreras y cuentan con menos impulsores para su reciclaje y circularidad.
- Considerando la tasa de reciclaje, el nivel de participación en el mercado y las barreras para su reciclaje, se concluye que los envases plásticos son los que enfrentan mayores desafíos de todos los envases analizados.

¹No contempla Colombia ya que no se cuenta con datos de recuperación y reciclaje de envases metálicos.

²Excepto en México. Allí la tasa de recuperación respecto a su uso en envases es del 9,9 %.

Barreras en la cadena del reciclaje

- Las principales limitaciones en la etapa de producción son la fabricación de envases no compatibles con el reciclaje y la competencia por precio de las resinas recicladas con las resinas vírgenes.
- En la etapa de generación de los residuos el obstáculo más importante es la falta de separación de los residuos por parte de los consumidores.
- La etapa de recolección de residuos es donde se encontró un mayor número de barreras. Las más significativas son los altos niveles de informalidad del sector, la falta de reconocimiento y remuneración del servicio de recolección de residuos reciclables por parte del estado³ y la baja tecnificación de las asociaciones de recicladores.
- En la etapa de comercialización la limitación fundamental es la imposibilidad de las asociaciones de recicladores de vender los materiales recuperados directamente a las industrias transformadoras.

Innovaciones para el reciclaje de envases plásticos

- Se identificaron tres innovaciones tecnológicas que ofrecen una segunda vida a envases plásticos posconsumo que no se reciclan a ciclo cerrado: la grava plástica, la madera plástica y el asfalto elaborado parcialmente con plástico.
- Estas tecnologías podrían generar en el corto plazo una demanda significativa de envases posconsumo y convertirse en una alternativa a su disposición final en rellenos sanitarios.

Acceso a la información

- Durante la elaboración de este estudio se hallaron barreras significativas para el acceso a la información sobre la situación del reciclaje.
- La dificultad en el acceso a la información representa por sí misma una barrera para avanzar sobre los desafíos que plantea la economía circular. Si no se dispone de información sobre las brechas existentes entre la realidad del sector y el ideal de economía circular, se hace muy difícil - sino imposible - desarrollar estrategias para abordarlas.

³En Brasil y México.

8.Recomendaciones

En este capítulo se presentan una serie de recomendaciones para superar las barreras para el reciclaje que fueron presentadas en los Capítulos 4 y 5. Las recomendaciones apuntan a incrementar tanto la cantidad como la calidad de los materiales reciclados, ya que ambos aspectos son fundamentales para la economía circular. Se realizan propuestas generales y propuestas particulares para los envases plásticos por ser los que enfrentan mayores desafíos para su reciclaje y circularidad.

Es de fundamental importancia comprender que para superar las barreras para el reciclaje y la circularidad de envases y empaques es necesario adoptar una perspectiva sistémica que contemple las relaciones e interacciones entre todas las variables y actores que conforman la cadena del reciclaje, en general y para cada material. Por esta razón, se recomienda llevar adelante acciones relacionadas a todas las soluciones aquí propuestas.

Para acceder a una descripción detallada de cada una de las recomendaciones se debe consultar la versión completa de este estudio, accesible [aquí](#).

Recomendaciones generales

- Diseñar para el reciclaje.
- Promover la separación en origen de los materiales reciclables.
- Establecer un esquema de recolección selectiva.
- Fortalecer las capacidades técnicas de los municipios.
- Facilitar la venta directa de materiales de las asociaciones de recicladores a las industrias transformadoras.
- Formalizar el trabajo de los recicladores de oficio e incorporarlos como prestadores de un servicio público de recuperación de residuos reciclables.
- Fortalecer la capacidad de organización de las asociaciones de recicladores.
- Fortalecer las capacidades técnicas y operativas de las asociaciones de recicladores.
- Desarrollar la cadena de reciclaje de los cartones para bebidas.

Recomendaciones para los envases plásticos y multicapa

- Diseñar para el reciclaje. Existen pautas de diseño que la industria del plástico debe seguir para diseñar y producir envases compatibles con el reciclaje [42]. En cuanto a los envases multicapa basados en polímeros, existe una tendencia hacia la sustitución de estos envases por estructuras monomaterial [7].
- Reducir la heterogeneidad de los envases plásticos para limitar las pérdidas de calidad en el proceso de reciclaje [6].
- Facilitar la identificación de la resina que compone el envase para minimizar errores en la clasificación manual por tipo de resina.
- Separar los envases plásticos destinados al contacto con alimentos del resto de los envases para evitar la contaminación química [6].
- Desarrollar y validar procesos de reciclaje de grado alimentario para resinas diferentes al PET, principalmente PE y PP.
- Promover el desarrollo de nuevas tecnologías de reciclaje.
- Promover en el corto plazo el desarrollo de innovaciones tecnológicas que ofrecen segunda vida a envases plásticos a través del reciclaje a ciclo abierto.

Bibliografía

- [1] "101: Resin Identification Codes," Jul. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://sustainablepackaging.org/101-resin-identification-codes/> 2.1
- [2] A. C. Council, "Plastic packaging resins." [En línea]. Disponible en: <https://plastics.americanchemistry.com/Plastic-Resin-Codes-PDF/> 2.1
- [3] N. Rudolph, R. Kiesel, y C. Aumnate, "Understanding Plastics Recycling," en *Understanding Plastics Recycling*, N. Rudolph, R. Kiesel, y C. Aumnate, Ed. Hanser, Ene. 2017, págs. I–XIV. [En línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781569906767500018> 2.1, 4
- [4] K. Ragaert, L. Delva, y K. Van Geem, "Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste," *Waste Management*, vol. 69, págs. 24–58, Nov. 2017. [En línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17305354> 2.1
- [5] "Thermoplastics :: PlasticsEurope." [En línea]. Disponible en: <https://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics/large-family/thermoplastics> 1
- [6] M. K. Eriksen, "Quality and Recyclability of Plastic from Household Waste," Tesis de Doctorado, Technical University of Denmark, 2019. [En línea]. Disponible en: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/178411474/Thesis_online_version_Marie_Kampmann_Eriksen.pdf 2.1, 4, 8
- [7] K. Kaiser, M. Schmid, y M. Schlummer, "Recycling of Polymer-Based Multilayer Packaging: A Review," *Recycling*, vol. 3, no. 1, 2018. 2.1, 2.2, 8
- [8] B. Morris, *The Science and Technology of Flexible Packaging: Multilayer Films from Resin and Process to End Use*, ser. Plastics Design Library. Elsevier Science, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://books.google.com.ar/books?id=ElblAAQBAJ> 2.2
- [9] M. Kirwan, *Handbook of Paper and Paperboard Packaging Technology: Second Edition*, Nov. 2012, journal Abbreviation: Handbook of Paper and Paperboard Packaging Technology: Second Edition Publication Title: Handbook of Paper and Paperboard Packaging Technology: Second Edition. 2.3, 4
- [10] B. Page, "8 - Rigid metal packaging," en *Packaging Technology*, A. Emblem y H. Emblem, Ed. Woodhead Publishing, Ene. 2012, págs. 122–162. [En línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845696658500081> 2.4, 4
- [11] P. Grayhurst, "7 - Glass packaging," en *Packaging Technology*, A. Emblem y H. Emblem, Ed. Woodhead Publishing, Ene. 2012, págs. 109–121. [En línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978184569665850007X> 2.5, 4

- [12] "Eco-Friendly Packaging, Tetra Pak Cartons Fully Recyclable." [En línea]. Disponible en: <https://www.tetrapak.com/in/sustainability/good-for-you-good-for-the-earth/tetra-pak-cartons-fully-recyclable> 2.6
- [13] "Expanding markets." [En línea]. Disponible en: <https://www.tetrapak.com/recycling-activities/expanding-markets> 2.6
- [14] "Saperatec technology." [En línea]. Disponible en: <https://www.saperatec.de/en/technology.html> 2.6
- [15] H. Martino (Tetra Pak, Argentina), "Entrevista telefónica," Abr. 2020. 2.6, 4
- [16] A. Román (Tetra Pak, México), "Entrevista telefónica," Jun. 2020. 2.6, 1, 4, 5
- [17] "Tetra Pak dio a conocer su Informe de Sostenibilidad 2019." [En línea]. Disponible en: <http://www.catalogodeempaques.com/temas/Tetra-Pak-dio-a-conocer-su-Informe-de-Sostenibilidad-2019+131770> 1
- [18] "Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2018," Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Bogotá D.C., Colombia, Reporte técnico, Dic. 2019. [En línea]. Disponible en: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2020/Ene/informe_sectorial_aprovechamiento_2018.pdf
- [19] "Las materias plásticas en Colombia," en *Plásticos en Colombia 2019 - 2020*, xlix ed. Bogotá D.C., Colombia: Acoplásticos, págs. 99 – 100. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/34fZHd6>
- [20] "Segundo Estudio Nacional de Reciclaje Inclusivo," Alianza Nacional para el Reciclaje Inclusivo, Reporte técnico, 2016. 5
- [21] O. Rubio Pinto, "Creación de una empresa de reciclaje de vidrio mundo cristal," Tesis de Doctorado, Universidad EAN, Bogotá, Colombia, 2012. [En línea]. Disponible en: <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/6020/Rubioosbaldo2013.pdf;jsessionid=B562D1B55FBB61E8AAD9AFC5088343B3?sequence=11>
- [22] I. C. Riveros Pineda, "Tasa de recolección de empaques," ANDI. Cámara de la Industria de Pulpa, Papel y Cartón, Reporte técnico, 2020. 1
- [23] "ECOCE 15 Años," ECOCE, México, Reporte técnico, Jun. 2017. 1
- [24] C. Ruiz (CANAFEM, México), "Re: Estudio Regional de Envases y Empaques," Abr. 2020.
- [25] J. Treviño, "Estadística General ECOCE 2020," Reporte técnico, 2020. 5
- [26] "Plan de manejo para los residuos de papel y cartón en México," Cámara nacional de las industrias de la celulosa y el papel, México, D.F., Reporte técnico, Ago. 2012. 1
- [27] M. Montes, D. Cisneros, M. G. Vargas Montenegro, y M. Fattur (Tetra Pak), "Entrevista telefónica," Jun. 2020. 1, 4, 5

- [28] "Brasil recicló casi 300 mil toneladas de latas de aluminio | Abralatas." [En línea]. Disponible en: <http://www.abralatas.org.br/brasil-reciclou-quase-300-mil-toneladas-de-latas-de-aluminio/>
- [29] "Sostenibilidad - Abeaço - Asociación Brasileña de Envases de Acero." [En línea]. Disponible en: <http://abeaco.org.br/sustentabilidade/>
- [30] "Estudo da reciclagem mecânica dos principais materiais plásticos descartados em determinadas cidades do Brasil," MaxiQuim, Reporte técnico, Ago. 2018. 4
- [31] "Vidro | CEMPRE." [En línea]. Disponible en: <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/6/vidr>
- [32] "Relatório anual 2018 - 2019," Associação Nacional dos Aparistas de Papel, São Paulo, Brasil, Reporte técnico. [En línea]. Disponible en: <https://anap.org.br/website/wp-content/uploads/2019/08/relatrio-estatstico-2018.pdf> 1
- [33] "Continuing Upward Trend in EU Beverage Carton Recycling Rate," Sep. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://packagingeurope.com/api/content/f79c3988-9ec2-11e7-a920-121bebc5777e/> 1
- [34] "Aluminium beverage can recycling in Europe hits record 74.5% in 2017 | Metal Packaging Europe." [En línea]. Disponible en: <https://www.metallpackagingeurope.org/article/aluminium-beverage-can-recycling-europe-hits-record-745-2017>
- [35] "Recycling." [En línea]. Disponible en: <https://www.apeal.org/recycling/>
- [36] "CO2 Emissions." [En línea]. Disponible en: <https://www.apeal.org/co2-emissions/>
- [37] A. Grace, "Paper recycling in Europe reaches 72.3 %." [En línea]. Disponible en: <https://www.intergraf.eu/communications/latest-news/item/168-paper-recycling-in-europe-reaches-72-3>
- [38] "Statistics." [En línea]. Disponible en: <https://feve.org/about-glass/statistics/> 3.2
- [39] "Packaging waste statistics - statistics explained." [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3gvqeWv> 1
- [40] "2017 Survey on European PET Recycle Industry - 58.2 % of PET bottles collected | petcore-europe.org." [En línea]. Disponible en: <https://www.petcore-europe.org/news-events/202-2017-survey-on-european-pet-recycle-industry-58-2-of-pet-bottles-collected.html> 3.2
- [41] C. Briones (DAK Américas, Argentina), "Entrevista telefónica," May. 2020. 4
- [42] "The APR Design guide for plastics recyclability," Association of Plastic Recyclers, Reporte técnico, Dic. 2019. [En línea]. Disponible en: https://plasticsrecycling.org/images/pdf/design-guide/Full_APR_Design_Guide.pdf 4, 8
- [43] M. Albarrán Flores (Braskem Idesa, México), "Entrevista telefónica," May. 2020. 4, 5

- [44] N. Padilla (ARB, Colombia), "Entrevista telefónica," Jun. 2020. 4, 5
- [45] J. Treviño (ECOCE, México), "Entrevista telefónica," May. 2020. 4, 5
- [46] "Precio de chatarra, empresa de compra venta de chatarra en México." [En línea]. Disponible en: <https://www.supraciclaje.com/precios-hoy/> 4
- [47] "Preço dos materiais recicláveis | CEMPRE." [En línea]. Disponible en: <http://cempre.org.br/cempre-informa/id/115/preco-dos-materiais-reciclavei> 4
- [48] I. C. Riveros Pineda (ANDI, Colombia), "Entrevista telefónica," May. 2020. 4, 5
- [49] "Información resultado del taller de Materiales y Mercados. Jornada de Cierre 2019 de la SSPD," Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD); Iniciativa Regional de Reciclaje Inclusivo (IRR), Colombia, Reporte técnico, Nov. 2019. 4, 5
- [50] "Working through the worst of times." [En línea]. Disponible en: <https://www.recyclingtoday.com/article/working-through-the-worst-of-recovered-paper-markets/>
- [51] F. Simon, "EU paper recyclers in crisis as China waste import ban bites," Ago. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.euractiv.com/section/circular-economy/news/eu-paper-recyclers-in-crisis-as-china-waste-import-ban-bites/> 4
- [52] O. Pastore, "MERCOSUR/GMC/RES. N° 40/15," pág. 50, Dic. 2015. [En línea]. Disponible en: http://www.puntofocal.gov.ar/doc/r_gmc_40-15_fe.pdf 4
- [53] "Resolución 834 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social," Mar. 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0834-de-2013.pdf> 4
- [54] "Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios," 2009. [En línea]. Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm> 4
- [55] C. Ruiz (CANAFEM, México), "Entrevista telefónica," Dic. 2019. 4
- [56] "Novelis sustainability." [En línea]. Disponible en: <https://novelis.com/sustainability/> 4
- [57] C. Broadbent, "Steel's recyclability: demonstrating the benefits of recycling steel to achieve a circular economy," *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 21, no. 11, págs. 1658–1665, Nov. 2016. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1081-1> 4
- [58] "The Economic Impact of Aluminum | The Aluminum Association." [En línea]. Disponible en: <https://www.aluminum.org/aluminum-advantage/economic-impact-aluminum> 4
- [59] "Resolución 4142 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social," Dic. 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-4142-de-2012.pdf> 4

- [60] "MERCOSUR/GMC/RES. N° 46/06," Nov. 2006. [En línea]. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/Legislacion/r_gmc_46-06.pdf 4
- [61] J. L. Pérez González (Cerrando el ciclo, México), "Entrevista telefónica," Abr. 2020. 4, 5
- [62] L. E. Aristizabal y J. M. Redondo, "Evaluación de estrategias para el incremento en la recuperación del vidrio post-consumo utilizado en la fabricación de envases en Colombia," Tesis de Doctorado, Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales, Bogotá, Colombia, 2015. 4
- [63] "Resolución 835 de 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social," Mar. 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0835-de-2013.pdf> 4
- [64] "MERCOSUR/GMC/RES Nro. 55/92. Anexo: Envases y Equipamientos de Vidrio y Cerámica destinados a entrar en Contacto con Alimentos." [En línea]. Disponible en: <http://www.sice.oas.org/trade/mrcsrs/resolutions/An5592.asp> 4
- [65] J. Mojica (SUEMA, México), "Entrevista telefónica," Jun. 2020. 5
- [66] T. Silvestre (DOW, Brasil), "Entrevista telefónica," Abr. 2020. 5
- [67] J. Bernal, L. Reyes, S. Hernandez, y C. García (Mexider, México), "Entrevista telefónica," May. 2020. 5
- [68] M. Mendonça (Giral, Brasil), "Entrevista presencial," Nov. 2019. 5
- [69] M. V. Rueda Jiménez (Coop. Plastién, México), "Entrevista telefónica," May. 2020. 5
- [70] M. Lacerda y S. Nicioli (AVINA, Brasil), "Entrevista telefónica," Nov. 2019. 5
- [71] "Ciclosoft - 2018 | CEMPRE." [En línea]. Disponible en: <http://cempre.org.br/ciclosoft/id/> 5
- [72] "Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017. Tabulados básicos," Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Reporte técnico, 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/cngmd/2017/tabulados/CNGMD2017_M6.xlsx 5
- [73] "Arqlite | Innovation for the planet." [En línea]. Disponible en: <https://www.arqlite.com/> 6
- [74] "Estos emprendedores transforman plástico en piedra para la construcción." [En línea]. Disponible en: <https://www.cronista.com/apertura-negocio/emprendedores/Estos-emprendedores-transforman-plastico-en-piedra-para-la-construccion-20190116-0002.html> 6
- [75] "Roads Made of Plastic Waste in India? Yes! Meet the Professor Who Pioneered the Technique." Feb. 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.thebetterindia.com/43685/plastic-waste-in-road-construction-plastic-man-india-prof-vasudevan/> 6

- [76] S. Subramanian, "Plastic roads: India's radical plan to bury its garbage beneath the streets," *The Guardian*, Jun. 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2016/jun/30/plastic-road-india-tar-plastic-transport-environment-pollution-waste> 6
- [77] "All The Cities in India That Use Plastic Waste to Construct Roads - Lucknow, Chennai, Pune and More." [En línea]. Disponible en: <https://www.news18.com/news/auto/all-the-cities-in-india-that-use-plastic-waste-to-construct-roads-lucknow-chennai-pune-and-more-2190445.html> 6
- [78] "Tackling plastic waste problem - The Jakarta Post." [En línea]. Disponible en: <https://www.thejakartapost.com/adv-longform/2018/08/13/tackling-plastic-waste-problem.html> 6
- [79] "macrebur.com." [En línea]. Disponible en: <https://www.macrebur.com/about-us> 6
- [80] "Inauguran en México la primera carretera de asfalto con plástico reciclado, Forbes México." [En línea]. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/inauguran-en-mexico-primera-carretera-de-asfalto-con-plastico-reciclado/> 6
- [81] "PlasticRoad - A revolution in building roads." [En línea]. Disponible en: <https://www.plasticroad.eu/en/> 6
- [82] "Escalabilidad del Proyecto de Madera Plástica en Colombia," Iniciativa Regional para el Reciclaje Inclusivo (IRR), Reporte técnico. 6
- [83] "Una cooperativa lanza tablas de plástico reciclado para decks y amoblamientos." [En línea]. Disponible en: <https://www.lacapitalmdp.com/una-cooperativa-lanza-tablas-de-plastico-reciclado-para-decks-y-amoblamientos/> 6
- [84] "Huerta de Jardín, exterior, plástico reciclado, madera plástica." [En línea]. Disponible en: <https://www.woodidea.com.ar/product-page/huerta-cajon>
- [85] "Plastimadera." [En línea]. Disponible en: <https://www.plastimadera.com/>
- [86] "Eco-Productos | Línea Industrial." [En línea]. Disponible en: <https://www.ecoproductos.com.co/linea-amueblamiento-urbano.php>
- [87] "Home." [En línea]. Disponible en: <http://www.inbrasil.ind.br/>
- [88] "Products - Recycled Plastic Products Made By Replas." [En línea]. Disponible en: <https://www.replas.com.au/products/> 6