



CEC
CCA
CCE

Estudio marco sobre el manejo de residuos de bioplásticos posconsumo y mercados secundarios en México

Transformación del reciclaje y el manejo
de residuos sólidos en México



Citar como:

CCA (2026), *Estudio marco sobre el manejo de residuos de bioplásticos posconsumo y mercados secundarios en México. Transformación del reciclaje y el manejo de residuos sólidos en México*. Montreal, Canadá: Comisión para la Cooperación Ambiental, 96 páginas.

La presente publicación fue elaborada por Sergio Gasca Alvarez y su equipo, formado por Ernesto Soto Galera, Osiel González Dávila y Pamela Martínez Muñoz, para la Comisión para la Cooperación Ambiental. La información que contiene es responsabilidad de sus realizadores y no necesariamente refleja los puntos de vista de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

Se permite la reproducción —total o parcial— de este documento sin previa autorización, siempre y cuando se haga con absoluta precisión, su uso tenga fines educativos y no lucrativos, y se cite debidamente la fuente, con el correspondiente crédito a la Comisión para la Cooperación Ambiental. La CCA apreciará que se le envíe una copia de toda publicación o material que utilice este trabajo como fuente.

A menos que se indique lo contrario, el presente documento está protegido mediante licencia de tipo “Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada”, de Creative Commons.



© Comisión para la Cooperación Ambiental, 2026.

ISBN: 978-2-89700-419-4 (versión electrónica)

La versión original de este estudio es el español. Está publicado en español y en inglés, y el resumen ejecutivo se encuentra disponible en español, inglés y francés.

Available in English – ISBN: 978-2-89700-420-0 (electronic version)

Depósito legal: Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2026

Depósito legal: Library and Archives Canada, 2026

Detalles de la publicación

Categoría del documento: Publicación

Fecha de publicación: Junio 2026

Idioma original: Español

Procedimientos de revisión y aseguramiento de la calidad:

Revisión final de las Partes: Abril 2026

QA388

Proyecto: Plan Operativo OP 2021, “Transformación del reciclaje y el manejo de residuos sólidos en América del Norte”

Fotografía de la portada: Flores en hilo tejido proveniente de residuos de la industria automotriz, Artesanas de Jalpan de Serra, Querétaro, México – Con permiso de Neaton Auto Mexicana.

Si desea más información sobre esta y otras publicaciones de la CCA, diríjase a:

Comisión para la Cooperación Ambiental

1001 Robert-Bourassa Boulevard, bureau 1620

Montreal, Quebec, Canadá, H3B 4L4

Tel.: 514.350.4300; fax: 438.701.1434

info@cec.org / www.cec.org

Índice

Índice	i
Lista de cuadros	ii
Siglas y acrónimos	iv
Definiciones	vi
Resumen	vii
Agradecimientos	ix
1. Introducción	1
2. Fuentes de información y supuestos	2
3. Cadena de valor	3
3.1 ¿Qué son los bioplásticos?	3
3.2 Resumen de la cadena de valor	6
3.2.1 Materias primas y transformación	8
3.2.2 Comercialización y mercado de consumo	13
3.2.3 Gestión y manejo de residuos	14
4. Visión general del mercado	14
4.1 Panorama general de los flujos de materiales y su desempeño	18
5. Mercados secundarios	25
5.1 Infraestructura de la cadena de valor de los bioplásticos	27
5.2 Recolección de residuos posconsumo de bioplásticos	27
5.3 Biodegradabilidad, reciclaje y valorización de residuos bioplásticos en México	30
6. Marco normativo	32
6.1 Resumen del marco reglamentario y normativo en las esferas federal, estatal y local	34
7. Identificación de mejores prácticas aplicables en el contexto de México	54
8. Hallazgos y recomendaciones	58
9. Conclusiones	60
9.1 Conclusiones en relación con el manejo de residuos de bioplásticos en México	60
9.2 Conclusiones compartidas con Canadá y Estados Unidos sobre el manejo de residuos de bioplásticos	61
10. Bibliografía	75

Lista de cuadros

Cuadro 1. Tipo de bioplástico importado, por país de origen y aplicaciones principales.....	9
Cuadro 2. Centros de investigación e instituciones mexicanas con actividades en el campo de los bioplásticos	10
Cuadro 3. Empresas que comercializan o producen materia prima para bioplásticos en México	11
Cuadro 4. Principales empresas productoras de biopolímeros, algunas con representación comercial en México	13
Cuadro 5. Costo comercial de diferentes tipos de bioplásticos y tiempo de biodegradación	17
Cuadro 6. Municipios por estado que emplean contenedores para recolección, 2023.....	28
Cuadro 7. Características generales de la normativa ambiental a escala federal con incidencia en los bioplásticos en México	35
Cuadro 8. Estándares y certificaciones internacionales referentes en el marco reglamentario de México	39
Cuadro 9. Características generales de la reglamentación ambiental a escala estatal con incidencia en los bioplásticos en México.....	41
Cuadro 10. Certificaciones o referencias para productos o materiales bioplásticos.....	49
Cuadro 11. Mejores prácticas en la gestión de materias primas y en los procesos de fabricación de bioplásticos	54
Cuadro 12. Mejores prácticas ambientales en las etapas de obtención y suministro de materia prima y producción	56
Cuadro 13. Bioplásticos (Conclusiones compartidas con Canadá y Estados Unidos)	63
Cuadro 14. Plásticos biodegradables (Conclusiones compartidas con Canadá y Estados Unidos)	72

Lista de gráficas

Gráfica 1. Distribución de las clases de plástico, de acuerdo con la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA).....4

Gráfica 2. Cadena de valor de los bioplásticos en México8

Gráfica 3. Capacidad mundial de producción de bioplásticos, 2024 19

Gráfica 4. Capacidad mundial de producción de bioplásticos, 2029 19

Gráfica 5. Flujos de residuos de bioplásticos, por tipo de resina y productos, en México, en 2022 (kilotoneladas) 21

Gráfica 6. Consumo aparente de PLA en México, 2015-2024 (kilotoneladas) 22

Gráfica 7. Consumo aparente de PHA en México, 2015-2024 (kilotoneladas) 23

Gráfica 8. Consumo aparente de PBS, PBAT y PCL en México, 2015-2024 (kilotoneladas) 24

Gráfica 9. Consumo aparente de productos fabricados con bioplásticos en México, 2015-2024 (kilotoneladas) 25

Siglas y acrónimos

ACV	análisis de ciclo de vida
AEMA	Agencia Europea de Medio Ambiente
AMB	Asociación Mexicana de Bioplásticos, A.C.
ANIPAC	Asociación de Industrias del Plástico, A.C.
Bio-PA	bio-poliamida
Bio-PE	bio-polietileno
Bio-PET	bio-polietileno tereftalato
Bio-PP	bio-polipropileno
Bio-PVC	bio-policloruro de vinilo
CCA	Comisión para la Cooperación Ambiental
CIQA	Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo, Coahuila
\$EU	dólares estadounidenses
EUBP	European Bioplastics
ID	investigación y desarrollo
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, México
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México
ITESM	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
kt	kilotoneladas
LGPGR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos
PBAT	tereftalato de adipato de polibutileno
PBS	polibutileno succinato
PCL	policaprolactona
PE	polietileno
PEAD	polietileno de alta densidad
PEBD	polietileno de baja densidad
PEBD/L	polietileno de baja densidad-lineal
PEF	furanoato de polietileno
PET	polietileno tereftalato o tereftalato de polietileno
PHAs	polihidroxialcanoatos
PHBV	polihidroxibutilvalerato
PLA	ácido poliláctico o poliácido láctico
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PP	polipropileno
Profepa	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

Estudio marco sobre el manejo de residuos de bioplásticos posconsumo y mercados secundarios en México

PS	poliestireno
PSU	plástico de un solo uso
RME	residuos de manejo especial
RP	residuos peligrosos
RS	relleno sanitario
RSU	residuos sólidos urbanos
SC	sitio de disposición final controlado
SDF	sitio de disposición final para residuos sólidos urbanos o de manejo especial
Sedema	Secretaría del Medio Ambiente, Ciudad de México
Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
UAEH	Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
UPAEP	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Definiciones

agrobiofilm	Tipo de plástico utilizado en la industria agrícola fabricado a partir de bioplásticos que no requiere enviarse a disposición final
biopolímero	Macromolécula producida por organismos vivos, como plantas y microorganismos, caracterizada por ser renovable y biodegradable
Estándar	Documento técnico que estandariza reglas, especificaciones y pruebas para mercancías, procesos y servicios, así como terminología y etiquetado (antes llamadas “Normas Mexicanas”)
<i>hidropulper</i>	Equipo utilizado, por lo general, en la industria del papel, que combina fibras de papel en una suspensión y crea un efecto de remolino al interior de una cámara llena de agua y papel usado
MRF	Instalación de recuperación de materiales (<i>materials recovery facility</i>): establecimiento especializado que recibe, separa y prepara materiales reciclables para su comercialización entre los fabricantes usuarios finales
NIR	espectroscopia de infrarrojo cercano (<i>near infrared</i>). Es utilizada ampliamente tanto en la industria como en la investigación científica, por tratarse de una técnica rápida y fiable para medición, control de calidad y análisis dinámicos
otros plásticos	Resinas plásticas clasificadas en la categoría 7
PBAT	polibutileno de tereftalato adipato. Material biodegradable de origen sintético, flexible y transparente, resistente al calor
PBS	succinato de polibutileno. Material biodegradable de origen sintético, utilizado para la fabricación de botellas y contenedores
PCL	policaprolactona. Material altamente biodegradable de origen sintético en medios compostables
PHA	polihidroxialcanoatos. Biopolímero biodegradable utilizado en la fabricación de bolsas o tapones de ciertos productos
PLA	ácido poliláctico. Polímero o biopolímero biodegradable, cuyos materiales de base se obtienen a partir de almidón de maíz, yuca o mandioca, o de caña de azúcar, muy utilizado en la industria de alimentos para el empaquetado
SNC	sitio de disposición final no controlado. También llamado <i>basural</i> , <i>basurero</i> , <i>tiradero a cielo abierto</i> o, en muchos casos, <i>vertedero</i> , entre otros nombres

Resumen

Como parte del proyecto *Transformación del reciclaje y el manejo de residuos sólidos en América del Norte* del Plan Operativo 2021, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) encomendó la realización de estudios sobre el reciclaje y manejo de residuos de papel y cartón, plásticos y bioplásticos en Canadá, Estados Unidos y México, con el objetivo de acelerar la adopción de prácticas de economía circular (EC) orientadas a fomentar estrategias para el manejo sustentable de estos materiales que generen beneficios económicos y ambientales en la región.

Tras la reciente publicación de una serie de estudios centrados en Canadá y Estados Unidos,¹ el presente informe constituye uno de los tres estudios dedicados a México, que además de complementar los anteriores proporcionan información relevante para las personas y órganos responsables de la toma de decisiones sobre el estado actual del reciclaje de residuos de bioplásticos posconsumo en el país.

En el presente estudio sobre bioplásticos se describe la cadena de valor, la infraestructura en pie, el sector de manejo de residuos y el mercado primario y secundario en México, con el objetivo de ofrecer una panorámica del estado que guardan las prácticas de recuperación y reciclaje de estos materiales por parte de la población en el país. Asimismo, se incluye un resumen de las políticas públicas y las normativas aplicables, en el marco de la economía circular. De igual forma, se identifican las mejores prácticas en el manejo de residuos, que podrían implementarse a partir de las recomendaciones y los hallazgos emanados del presente informe.

Las diferencias en las estrategias de gestión y manejo de residuos determinan la eficiencia en el reciclaje tanto entre las entidades federativas de México como en comparación con otros países. En particular, México no sigue los mismos patrones de manejo de residuos sólidos que Canadá y Estados Unidos, lo que genera contrastes significativos en las acciones de recuperación y reciclaje de residuos posconsumo.

En términos generales y, a diferencia de las prácticas en pie en Canadá y Estados Unidos, la recolección de residuos en México no está sujeta al cobro de cuotas, aspecto que pone de manifiesto el alcance del presupuesto asignado a infraestructura y servicios públicos para el manejo de residuos, lo que constituye una diferencia estructural importante entre los países.

Por otra parte, el mercado mundial de bioplásticos ha mostrado un crecimiento acelerado en la última década. En 2023, la capacidad mundial de producción se estimó en 2,019 kilotoneladas (kt), 1,011 de las cuales correspondieron a bioplásticos biobasados biodegradables, y 1,008 kt a bioplásticos biobasados no biodegradables. La producción mundial se estimó en 1,373 kt, equivalente a 68% de la capacidad instalada ese año (EUBP, 2024). El valor del mercado mundial de

¹ Estudios disponibles en: < <https://www.cec.org/es/transformacion-del-reciclaje-y-el-manejo-de-residuos-solidos-en-america-del-norte/> >

bioplásticos, según diversas fuentes, se ubica entre 2,482 y 7,060 millones de dólares estadounidenses (\$EU).

En México, la producción de bioplásticos es incipiente y está principalmente a cargo de pequeñas empresas de reciente creación, con capacidades instaladas inferiores a 100 toneladas mensuales. En su mayoría, éstas utilizan como materia prima residuos agroindustriales o cultivos destinados específicamente a este fin. Dado el bajo volumen de producción nacional, en este estudio se consideró que el consumo aparente corresponde a las importaciones netas de resinas y productos terminados. Asimismo, se consideró que dicho consumo aparente equivale a la generación de residuos.

Con base en estos supuestos se estima que en México, en 2022, se consumieron 1.23 kt de ácido poliláctico (PLA), 39.42 kt de polihidroxialcanoatos (PHA), 103.95 kt de succinato de polibutileno (PBS), polibutileno de tereftalato adipato (PAT) y policaprolactona (PCL), y 33.69 kt de productos terminados elaborados con bioplásticos, con un valor estimado en el mercado de \$EU769 millones. A partir de estas estimaciones, la generación de residuos se calculó en 178.29 kt, de los cuales 165.45 kt no son susceptibles de reciclarse, 14.27 kt se acopian y 12.48 kt se aprovechan en plantas de reciclaje. Por último se estimaron las tasas de crecimiento promedio del consumo aparente de resinas de bioplástico en los últimos diez años. La resina con el mayor crecimiento en el periodo es el PLA (35.61%), seguida del PHA (11.34%), y el PBS, PBAT y PCL (5.16 por ciento).

En México, la recuperación de residuos posconsumo fabricados con bioplásticos es reducida: por su parecido al plástico de un solo uso, este material se recupera mezclado con plásticos convencionales y se envía a sitios de disposición final, ello a pesar de su etiquetado donde se especifica que es compostable y biodegradable. Si bien son pocas las medidas implementadas para su recuperación separada y envío a compostaje, ante el incremento en el uso de bioplásticos, se requiere la construcción y operación de más plantas industriales de compostaje en el país, si se quiere impulsar este material e incorporarlo en la economía circular.

En términos generales, la reglamentación en materia de bioplásticos se encuentra referida en las leyes y reglamentos correspondientes a plásticos, aunque también podría incorporarse en las disposiciones reglamentarias relativas a residuos sólidos urbanos o de manejo especial. Sin embargo, el marco jurídico aplicable a bioplásticos debe actualizarse a efecto de incorporar de manera plena y diferenciada los materiales objeto del presente informe.

La legislación promueve el envío de materiales bioplásticos a compostaje y, en el caso de las bolsas, se promueve su uso para la contención de residuos orgánicos y su disposición a través de los sistemas de limpia locales. Sin embargo, las personas o entidades dedicadas a recuperarlos muestran poco interés en ello debido a su bajo calibre, lo cual implica que necesitan reunir un gran número de unidades para recolectar un kilo de material, amén de que el precio pagado es poco atractivo. En México, la estructura jurídico-administrativa y su aplicación en el ámbito local determinan la eficiencia de los planes y las estrategias encaminadas a fomentar el reciclaje.

Agradecimientos

Este documento fue preparado para la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) por Sergio Gasca Alvarez y su equipo, formado por Pamela Martínez Muñoz, Ernesto Soto Galera y Osiel González Dávila.

Las personas realizadoras y la CCA desean agradecer la colaboración —y mostrar profundo reconocimiento— a todas las organizaciones empresariales o gremiales, empresas, especialistas en la materia, personas participantes y funcionarias por la apertura para la elaboración de este trabajo.

La CCA también desea agradecer a las personas integrantes del comité directivo del proyecto *Transformar el reciclaje y la gestión de residuos sólidos en América del Norte* del Plan Operativo 2021 de la CCA por su apoyo y participación.

Asimismo, la CCA expresa su profundo reconocimiento a la dedicación del personal de su Secretariado participante en este proyecto: Armando Yáñez, titular de la unidad *Vida y economías sustentables*; Antonia Andúgar, líder de proyecto, y Claudia López, asistente de unidad.

1. Introducción

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en su *Perspectiva mundial sobre la gestión de residuos, 2024*, indica que, como resultado del crecimiento económico y de patrones de consumo y producción insostenibles, cada año se producen más desechos, y se estima que, entre 2020 y 2050, la generación de residuos sólidos urbanos por año pase de 2,100 a 3,800 millones de toneladas, de las cuales la cantidad de residuos sin control o enviados a un sitio de disposición final pasarían de 1.45 a 3.66 miles de millones de toneladas, lo que representa un crecimiento de más de 1.5 veces.

En México se generan entre 0.8 y 1.1 kg per cápita de residuos (Semarnat, 2020); sin embargo, a diferencia de Canadá y Estados Unidos, donde éstos se someten a un manejo adecuado, las prácticas poco adecuadas en el primero obedecen a falta de infraestructura y, en algunos casos, de capacidad técnica insuficiente del personal encargado de los sistemas de recolección, manejo, tratamiento y disposición final. En suma, todos estos factores redundan en serios problemas de índole ambiental: emisiones de metano a la atmósfera, presencia de fauna indeseable, generación de lixiviados y una gran presencia de recuperadores que buscan entre los residuos eliminados de forma irregular aquellos con algún valor que les permita obtener recursos para su subsistencia.

Las políticas públicas en México han transitado por numerosos esquemas, que van desde el manejo y la gestión integral de residuos hasta la economía circular, pasando por el desarrollo sustentable, modelos de las 3R —*reducir, reutilizar y reciclar*—, y sustentabilidad en la producción y el consumo. En todas estas estrategias se ha fomentado la adopción de esquemas de sensibilización y educación ambiental, así como incentivado la inversión en infraestructura, tanto en vehículos recolectores como en rellenos sanitarios y, en algunos casos, en plantas de selección y tratamiento; sin embargo, en su mayoría, la infraestructura adquirida ha llegado al término de su vida útil o se encuentra en malas condiciones operativas y de mantenimiento. Por otro lado, en la mayor parte de los municipios, la población no paga tarifas de recuperación, manejo y aprovechamiento de los residuos que genera, lo que ocasiona que el sistema de limpia dependa del presupuesto asignado y no cuente con fondos suficientes para su correcto funcionamiento.

La transición a una economía circular parte de identificar un desarrollo económico de tipo lineal, donde los productos, elaborados principalmente con materia prima virgen, presentan bajas tasas de reciclaje —y, en algunos casos, nulas—, lo que se traduce en un mercado de recuperación y reciclaje de materiales exiguo o destinado sólo a aquellos con alto valor comercial de recuperación o reciclaje, como el papel y el polietileno tereftalato (PET), polietileno (PE) o polipropileno (PP).

El rediseño de productos y la sustitución de materiales son estrategias que el sector privado ha adoptado con creciente frecuencia. Un ejemplo es la incorporación de plásticos biodegradables o *biobasados*, los cuales, de acuerdo con la Asociación Nacional de las Industrias del Plástico (Anipac), representan apenas 1.5% de la producción mundial anual de plásticos (390 millones de toneladas). No obstante, se proyecta que la capacidad de producción de bioplásticos supere los 6.2 millones de toneladas para 2027 (Anipac, 2023).

En la última década, el desempeño y la disponibilidad de polímeros biodegradables (BDP) han mejorado de manera significativa. Este avance responde al interés creciente por el desarrollo sustentable, la necesidad de reducir la dependencia de recursos no renovables y la transformación de políticas y actitudes en torno al manejo de residuos.

2. Fuentes de información y supuestos

Para la elaboración del presente estudio se llevó a cabo una investigación documental en medios electrónicos, así como una reunión de trabajo con la Asociación Mexicana de Bioplásticos (AMB, A.C.), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y otras fuentes de información del mercado de bioplásticos, quienes proporcionaron información general sobre la situación que guarda este sector en México. Dichas acciones fueron necesarias ante la ausencia de un mercado nacional consolidado y debido a que los bioplásticos son materiales novedosos en aplicaciones del sector alimentario, como empaques, bolsas y películas.

El Anuario 2023 de la Anipac constituye una de las principales fuentes de información de alcance nacional.

En el ámbito internacional, las referencias de mayor pertinencia provienen de European Bioplastics (EUBP) y la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), cuya plataforma en línea pone a disposición información actualizada sobre el mercado internacional.

Asimismo, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) de México reúne información relativa a las importaciones de materias primas y productos fabricados con bioplásticos —principalmente PLA y PBAT—, datos que sirvieron de base en la elaboración del diagrama de Sankey presentado en este estudio.

Para el análisis de la cadena de valor se utilizó como principal fuente de información el estudio de bioplásticos elaborado por Eunomia (2024), considerando de manera general sus diferentes etapas.

Asimismo, la información contenida en el apartado *Visión general del mercado* se basa en datos de Global Growth Insights, Data Bridge Market Research y The Brainy Insights, obtenidos mediante informes generales y consultas en línea sobre el mercado de plásticos biodegradables correspondientes a 2024.

Cabe subrayar que la información oficial disponible en México se refiere, en su mayor parte, a la cantidad de residuos enviados a disposición final en rellenos sanitarios (RS), sitios controlados (SC) o sitios no controlados (SNC). Para preparar los informes mensuales de alcance municipal en los que se basa el Diagnóstico Básico para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (Semarnat, 2020), se requirió aplicar supuestos, índices e indicadores, dada la poca información de campo disponible que permita determinar con precisión la cantidad de residuos por tipo de generador. Por ello, los análisis más detallados se sustentan principalmente en aproximaciones y estimaciones.

Por último se consultó información de alcance internacional de European Bioplastics (2024). Para México, donde la producción de bioplásticos es muy limitada, los datos de importación y exportación se obtuvieron de la Base de Datos de Estadísticas de las Naciones Unidas sobre el Comercio de Productos Básicos (*UN Comtrade Database*).

3. Cadena de valor

3.1 ¿Qué son los bioplásticos?

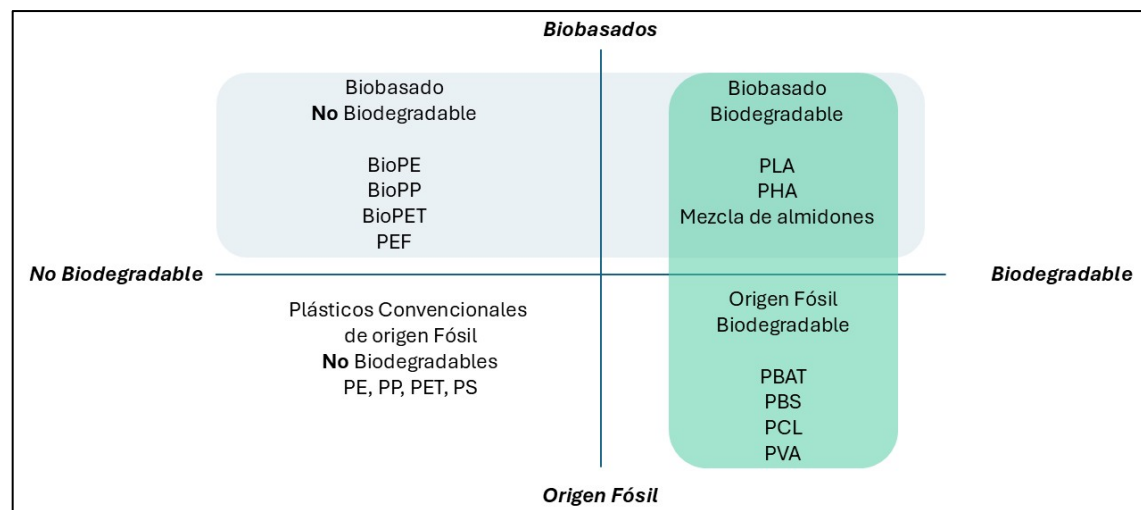
European Bioplastics (EUBP) define los *bioplásticos* como una amplia familia de materiales diferentes, que pueden ser de base biológica —o *biobasados*—, biodegradables o que presentan ambas propiedades. Los *plásticos biobasados* se elaboran a partir de biomasa como plantas, algas o microorganismos, e incluso de residuos de estos materiales. A diferencia de los polímeros de origen natural —o *biopolímeros*—, como el hule, los plásticos biobasados deben someterse a un procesamiento químico para su utilización y, por lo general, se derivan de la producción de etanol, ácido láctico y otros compuestos que, al fermentarse el almidón del material vegetal, se transforma en monómeros como el ácido láctico o PLA, polietileno, polipropileno, nailon u otros plásticos con estructuras químicas convencionales y con las mismas características que los obtenidos del petróleo. A pesar de su origen de base biológica, estos plásticos no necesariamente resultan biodegradables, es decir, no se mineralizan por completo en un periodo determinado.

Existen, asimismo, los plásticos biodegradables cuya materia prima es de origen fósil o petroquímica, diseñados para mineralizarse en condiciones ambientales definidas propiciadas en procesos de compostaje, ambientes marinos o incluso anóxicos, como los biodigestores, entre otros medios.

Mediante un proceso conocido como *datación por carbono 14*, es posible identificar el origen biológico de un plástico, ya que éste determina el tiempo transcurrido desde que el organismo fuente de la materia prima cesó su intercambio de carbono con la atmósfera. Gracias a este método es posible determinar si los productos se elaboraron con materia prima o plantas cosechadas en los últimos diez años, o si provienen de combustibles fósiles originados por materia prima de hace millones de años. El método ASTM D6866-12 (véanse los detalles en el cuadro 8) permite determinar el contenido biobasado de un plástico.

Tomando como punto de partida los conceptos relacionados con el origen de la materia prima y las características de biodegradabilidad de un producto, es posible identificar tres clases de bioplásticos, cuya distribución por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) se muestra en la gráfica 1.

Gráfica 1. Distribución de las clases de plástico, de acuerdo con la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA)



Fuente: Elaboración propia a partir de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA por sus siglas en español, y EEA por sus siglas en inglés) (2020) y de European Bioplastics (EUBP, 2024)

Tipos de bioplásticos y sus aplicaciones

La clasificación de los bioplásticos se basa principalmente en dos criterios: su origen y su capacidad de descomposición.

Con base en su origen, los bioplásticos pueden clasificarse en biobasados y no biobasados. En el primer caso, los polímeros se obtienen a partir de biomasa vegetal, animal o bacteriana y, por tanto, son recursos renovables. Por su parte, los bioplásticos no biobasados son aquellos producidos con polímeros sintetizados a partir de petróleo. En ambos casos, los productos son biodegradables y compostables.

En función de su grado de descomposición, los bioplásticos pueden —o no— ser biodegradables. En condiciones adecuadas, los biodegradables se descomponen en periodos relativamente cortos (apenas en unos días o unos cuantos meses); los no biodegradables, por el contrario, se comportan como los plásticos convencionales de origen petroquímico. En este caso, el periodo de descomposición se mide en décadas y hasta siglos.

Al combinar ambos criterios (origen y grado de descomposición), los bioplásticos se pueden clasificar en tres grupos:

Biobasados biodegradables. Entre los bioplásticos que son simultáneamente de base biológica y biodegradables se encuentran el ácido poliláctico (PLA) y los polihidroxialcanoatos (PHA). El PLA es uno de los bioplásticos más utilizados y se obtiene principalmente a partir de recursos como el maíz. Presenta propiedades similares a las del polietileno tereftalato (PET) —un plástico convencional de la familia de los poliésteres—,

aunque es menos resistente a temperaturas elevadas. Por su parte, los PHA constituyen una familia de biopolímeros cuyas propiedades pueden variar de manera significativa según el tipo de polímero específico que los componga, lo que permite ajustar su desempeño a distintas aplicaciones.

Otro ejemplo de esta categoría es el polihidroxibutilvalerato (PHBV), elaborado a partir de restos vegetales. Obtenidos a partir de células vegetales o mediante biotecnología a partir de cultivos bacterianos, estos bioplásticos son muy sensibles a las condiciones de procesamiento y su costo es hasta diez veces mayor que los plásticos convencionales.

Biobasados no biodegradables. En este grupo se cuentan el biopolietileno (BIO-PE), con propiedades similares a las del polietileno convencional. Por su parte, el Bio-PET presenta **características** semejantes al polietileno tereftalato. Ambos bioplásticos se fabrican, la mayoría de las veces, a partir de caña de azúcar, proceso del cual se obtiene bioetanol como producto intermedio. También pertenece a esta categoría la biopoliamida (PA), bioplástico reciclable con excelentes propiedades de aislamiento térmico.

No biobasados biodegradables. La biodegradabilidad tiene que ver con la estructura química del polímero y no con el tipo de materia prima utilizada. Por tanto, con el **procesamiento** adecuado, se pueden obtener plásticos biodegradables a partir del petróleo. Un ejemplo son las policaprolactonas (PCL), utilizadas en la fabricación de poliuretanos. Se trata de un bioplástico obtenido a partir de derivados del petróleo, al igual que el polibutileno succinato (PBS).

Los bioplásticos más comunes presentan diversas propiedades y aplicaciones, y pueden generar confusión con los denominados *plásticos oxodegradables*. Estos últimos son plásticos convencionales que, mediante la adición de aditivos, tienen la capacidad de fragmentarse en partículas más pequeñas, lo que produce únicamente la apariencia de biodegradación.

Los bioplásticos más comunes tienen diferentes propiedades y aplicaciones, y los utilizados con mayor frecuencia en México son los siguientes:

Ácido poliláctico (PLA)

Se trata de un polímero biodegradable derivado del ácido láctico fabricado en su totalidad a partir de recursos renovables como maíz, remolacha, trigo y otros, todos ricos en almidón.

Además de ser biodegradables, estos biopolímeros son compostables, transparentes y rígidos, y se comportan de forma eficiente como barrera contra el oxígeno y la humedad, motivo por el cual se emplean ampliamente en la fabricación de envases de alimentos y bebidas, películas, bolsas e implantes médicos, entre otros.

Polihidroxialcanoatos (PHA)

Polímeros biodegradables, con alta resistencia y flexibilidad, y excelente comportamiento barrera contra el oxígeno y la humedad, se obtienen por fermentación microbiana a partir de diferentes sustratos, principalmente azúcares, biomasa lignocelulósica, y pueden emplearse como modificadores de otros polímeros o biopolímeros.

Sus principales aplicaciones incluyen materiales biodegradables, bolsas, películas, material quirúrgico y componentes electrónicos.

Almidón termoplástico

Este compuesto es biodegradable, compostable, de bajo costo y ofrece una buena barrera contra el oxígeno y la humedad. Se trata de un almidón modificado por la adición de plastificantes (agua, glicerina y sorbitol, entre otros elementos) a efecto de potenciar sus propiedades. Procesado en condiciones de presión y calor hasta destruir en su totalidad la estructura cristalina del almidón y formar un almidón termoplástico amorfo, este biopolímero se utiliza en la fabricación de envases de alimentos y bebidas, bolsas, películas, vajillas desechables y espumas.

Polietileno verde

Polímero biobasado y reciclable que ofrece una alta resistencia y durabilidad, y una buena barrera contra el oxígeno y la humedad; se produce a partir de materia prima renovable como la caña de azúcar o el aceite vegetal, lo que lo convierte en un buen sustituto del polietileno de origen fósil. Entre sus aplicaciones se encuentran la fabricación de envases para bebidas, textiles, piezas automotrices y artículos deportivos.

Otros biopolímeros nuevos

Entre estos biopolímeros se encuentran el polibutileno succionato (PBS) y los furanos biodegradables, con aplicaciones en la fabricación de envases, así como los bioplásticos a base de celulosa, compuestos derivados de la celulosa proveniente de madera o algodón, como el acetato de celulosa, con propiedades únicas, aunque el costo de producción es más alto y sus aplicaciones son muy específicas. En esta categoría se cuentan también los bioplásticos a base de algas o con base alifática, estos últimos producidos de la fermentación bacteriana natural de fuentes como melaza, sacarosa, lactosa, glicerol, aceites y metano (Climate Sort).

3.2 Resumen de la cadena de valor

En México, si bien los bioplásticos son materias primas con una baja presencia en el mercado, los productos elaborados con ellos registran un crecimiento constante, atribuible a que en el país la fabricación de pellets de bioplásticos es casi nula, y se restringe principalmente a empresas emergentes o pequeñas que incursionan en la fabricación de esta materia prima más como una opción de tratamiento y aprovechamiento de residuos agroindustriales que con la intención de establecer toda una industria para este tipo de componentes.

A diferencia de la cadena de valor de los bioplásticos en Canadá y Estados Unidos, en México las figuras presentes en esta cadena se centran más en la importación de materia prima para la transformación en productos comercializados, como bolsas y algunos desechables, en su mayoría, vasos y tapas. En el caso de otros sectores, los bioplásticos están presentes en productos terminados importados.

La cadena de valor de los bioplásticos entraña tres sectores principales:

Materias primas y transformación: este sector integra la importación de materia prima como la actividad más destacada, y sus actores. A diferencia de la industria del plástico convencional, la de bioplásticos no incluye una etapa significativa de síntesis de precursores químicos en el ámbito nacional, sino la selección de la materia prima importada para la fabricación de productos terminados, donde las partes importadoras revisten un papel de suma relevancia. De igual forma, instituciones y centros de investigación participan en el desarrollo de tecnología para la fabricación de bioplásticos a partir de residuos, principalmente agroindustriales.

En la fase de transformación, los bioplásticos pueden utilizarse en los mismos procesos industriales que en la fabricación de plástico, como extrusión, inyección o termoformado para la elaboración de productos finales.

Consumo: este sector incluye actividades de comercialización de bioplásticos en los diferentes mercados de consumo, entre los que se cuentan, principalmente, los de envases y embalajes, y el médico, además de la aplicación en la industria automotriz, y los sectores eléctrico y electrónico, y agrícola.

Gestión y manejo de residuos: En este sector se incluyen los actores encargados de la recuperación, manejo y, en su caso, aprovechamiento de los residuos posconsumo de bioplásticos, donde los recuperadores de base no figuran ni desempeñan una función importante en la recuperación de estos residuos, a diferencia de los estudios de papel y cartón y del plástico, donde la participación de dichas figuras es primordial para la recuperación de residuos posconsumo.

Esta situación guarda una relación directa con la cadena de valor y el ciclo de vida de estos materiales, toda vez que su aplicación en México se ha incrementado —aunque más de las importaciones y la venta de productos terminados—, lo que ha impulsado la presencia y uso de estos materiales. Por ello, la cadena de valor es aún incipiente, todavía con altos costos derivados de su manejo e importación, en comparación con los mismos productos fabricados con plásticos tradicionales.

Gráfica 2. Cadena de valor de los bioplásticos en México



Fuente: Elaboración propia con información de la CCA (2024), ANIPAC (2024) y AMB (2025).

En México se han llevado a cabo numerosas investigaciones a cargo de profesionales, empresas e instituciones con el objetivo principal de dar solución a los problemas de disposición de residuos mediante la elaboración de biopolímeros.

3.2.1 Materias primas y transformación

México, lejos de ser un productor de bioplásticos, es un importador neto de pellets de PLA, PHA, almidón, PBAT, PBS y de fibra de celulosa proveniente de bagazo de caña o bambú.

De acuerdo con la Asociación Mexicana de Bioplásticos (AMB), los principales destinos de los productos fabricados son Estados Unidos, países europeos y mercados emergentes en Asia. La AMB señala, además, que existen otros tipos de bioplásticos que podrían resultar más eficientes o de mayor valor en términos de biodegradabilidad o compostabilidad; sin embargo, su disponibilidad en México continúa siendo limitada debido al reducido tamaño del mercado nacional.

Los principales tipos de bioplástico importados a México se incluyen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tipo de bioplástico importado, por país de origen y aplicaciones principales

Tipo de bioplástico	País de origen	Aplicaciones principales
PLA	Alemania, Estados Unidos, China, Países Bajos	Envases, filamentos, cubiertos
PHA	Estados Unidos, China, Corea del Sur, Países Bajos, Singapur	Compostables, utensilios biodegradables
A partir de almidón	De maíz: Estados Unidos, Brasil, Turquía y Francia De papa: Dinamarca, Países Bajos, Alemania, Francia, Estados Unidos De trigo: Estados Unidos	Bolsas, películas, cubiertos
PBAT y PBS	China, Estados Unidos	Optimización de las propiedades del PLA o el almidón
Celulosa (fibras vegetales)	Parcialmente nacional, también importada de Estados Unidos, Alemania, China, Brasil y Suecia	Películas y empaques biodegradables

Fuente: Elaboración propia con datos de European Bioplastics (2024); Data Bridge Market Research (2024) y Global Growth Insights (2024).

Los bioplásticos biobasados se elaboran a partir de biomasa vegetal, siendo sus tres fuentes básicas de materia prima las siguientes:

1. Polímeros naturales de biomasa

Se pueden utilizar polímeros naturales elaborados con plantas, como almidones o azúcares. El “Potato plastic”, por ejemplo, es un bioplástico biodegradable hecho a partir de fécula de papa.

2. Polímeros sintetizados a partir de monómeros de biomasa

Una segunda alternativa es sintetizar polímeros a partir de monómeros extraídos de fuentes vegetales o animales. La diferencia entre esta vía y la anterior reside en que, en este caso, se requiere una síntesis química intermedia. Por ejemplo, el Bio-PE, o polietileno verde, se produce a partir de etanol obtenido de la caña de azúcar.

También pueden producirse bioplásticos a partir de fuentes animales, como los glicosaminoglicanos (GAG) —proteínas de la cáscara de huevo—, con la ventaja de que permite obtener bioplásticos más resistentes.

3. Polímeros fabricados por biotecnología basada en cultivos bacterianos

La tercera alternativa considera la producción de polímeros para bioplásticos mediante biotecnología a través de cultivos bacterianos, donde una gran cantidad de bacterias sintetizan y almacenan polímeros que pueden extraerse y procesarse. El cultivo masivo de bacterias requiere de medios de cultivo adecuados para su procesamiento y purificación ulteriores. El

polihidroxialcanoato (PHA), por citar un ejemplo, se sintetiza gracias a distintos géneros bacterianos en un medio con exceso de carbono, carente de nitrógeno y fósforo, al igual que el polihidroxibutilvalerato (PHBV), obtenido de bacterias alimentadas con azúcares derivados de restos vegetales. La mayor limitante de los bioplásticos obtenidos mediante este procedimiento estriba en el costo de producción.

Estos procedimientos se aplican en México, aunque no para producción a gran escala, sino principalmente en el ámbito de la investigación, donde se obtienen bioplásticos “de laboratorio”. La materia prima derivada de residuos es resultado de proyectos de investigación y desarrollo en constante crecimiento, liderados por instituciones académicas como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), universidades estatales, y centros de investigación, como la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH), el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) y la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), entre otras, cuyas investigaciones en la materia abarcan la extracción de almidones y otros compuestos a partir de residuos agroindustriales (véase el 2d).

Cuadro 2. Centros de investigación e instituciones mexicanas con actividades en el campo de los bioplásticos

Institución	Área de estudio
Cinvestav	Bioplásticos
UNAM	Plásticos biodegradables a partir de maíz y nopal
ITESM	Bioplásticos PHA a partir de fuentes renovables
CIQA	PHA a partir de residuos agroindustriales
CIQA, IPN, UNAM	Síntesis de PBS a partir de succinato de base biológica obtenido de residuos agroindustriales

Fuente: INECC (2020).

Para la elaboración de bioplásticos biobasados y biodegradables se requieren elementos naturales que pueden obtenerse a partir de residuos orgánicos de cualquier tipo, o producirse con cultivos ex profeso para dicho fin. Los bioplásticos de origen fósil pero biodegradables pueden elaborarse sintetizando compuestos químicos biodegradables.

Si bien México cuenta con amplias superficies destinadas al cultivo de materia prima utilizada principalmente con fines alimentarios o forestales, destinar parte de esta superficie a otras aplicaciones, como el cultivo de especies para la producción de materiales destinados expresamente a la elaboración de biopolímeros y, por ende, a la fabricación de productos desechables, es un asunto que genera profundos cuestionamientos, lo mismo en la esfera nacional que internacional, por el cambio de uso de suelo.

Con base en lo anterior, la extracción de materiales orgánicos podría provenir del uso de residuos agroindustriales capaces de aportar materiales como almidón, celulosa o biomasa, en general, entre los que se incluyen semillas de aguacate, mango, bagazo de caña de azúcar o incluso algas, para la obtención de las bases químicas necesarias para la fabricación de bioplásticos.

En México, la producción de bioplásticos se encuentra altamente sectorizada y concentrada en empresas pequeñas o de reciente creación, con capacidades instaladas menores a 100 toneladas mensuales. En su mayoría, estas empresas utilizan residuos agroindustriales como materia prima en lugar de cultivos establecidos de forma exclusiva para este fin (véase el cuadro 3).

Cuadro 3. Empresas que comercializan o producen materia prima para bioplásticos en México

Empresa	Etapas	Datos generales
Avani Eco-México	Productor y transformador	Subsidiaria de Avani Eco-Indonesia, con sede en la Ciudad de México.
BioSolutions	Productor y transformador	Compañía mexicana fundada en 2013, dedicada a elaborar materiales bioplásticos a partir de celulosa o biomasa agroindustrial, marca Polyagave.
Biofase	Productor, importador y transformador	Empresa dedicada a la elaboración y venta de resinas de bioplástico o plástico biodegradable, a partir de huesos de aguacate. Las resinas pueden procesarse por inyección, extrusión o termoformado.
Bioelements	Importador y transformador	Comercializa y procesa resinas compostables de PBAT y almidón.
Ecoplaso	Productor	Produce bioplásticos a partir de desechos orgánicos en dos presentaciones: láminas, pellets y filamentos 3D. Capacidad de producción de la planta: 300-400 kg por día.
Green Loop	Productor y transformador	Con sede en Querétaro, produce biopolímeros y compostables certificados.
Green Plastics (Grupo GPI)	Importador y transformador	Importa PBAT para fabricar bolsas compostables bajo la marca Ecosolutions.
Xeiba Nutringredients	Productor	Microempresarios

Empresa	Etapas	Datos generales
Polybion	Productor	Empresa en Guanajuato con una planta industrial de biofabricación alimentada con energía solar, con capacidad instalada de 1.1 millones de pies cuadrados por año del biotextil Celium®.
Polyone México, DVA Plastics, Resirene	Importador y comercializador	PBAT o mezclas de PLA para su transformación por otras empresas.
Plastigreen y Green & Compostable México	Importador y comercializador	Resinas de PBAT y PLA.
Plastinova	Productor	Con vinculación al Instituto Tecnológico de Tepic, fabrica biocompuestos a partir de residuos de agave y matrices de bioplásticos.
Tecnología Regenerativa Mexicana (TRM)	Importador y transformador	Produce plásticos compostables con mezcla de PBAT y almidón.

Fuente: Elaboración propia con datos del INECC (2020).

Entre las principales marcas internacionales que producen resinas y biopolímeros a gran escala se encuentran Braskem Idesa, BASF, Novamont, NatureWorks, Dupont, FKUR Kunststoff GmbH, Arkema France y Corbion. Varias de estas empresas cuentan con oficinas en México.

En la esfera internacional, las principales empresas con producción de resinas o bioplásticos son las siguientes:

Cuadro 4. Principales empresas productoras de biopolímeros, algunas con representación comercial en México

Empresa	Datos generales
Braskem	Planta productora de plásticos convencionales en Coatzacoalcos, Veracruz. Oficinas centrales en Ciudad de México, para importaciones de bioplásticos. Planta en Sao Paulo, Brasil.
NatureWorks	Sin representación en México. Planta en Minnesota, EU.
Novamont	Oficinas comerciales de representación en México. Planta iNovara, en Italia. Representante en México: Mexibras.
BASF	Oficinas comerciales en México. Planta en Ludwingshafen, Alemania.
Corbion	Oficinas comerciales en México. Plantas en EU, Ámsterdam y Países Bajos.
PSM	Beijing, China
Dupont	Wilmington, Delaware, EU
Arkema France SA	Colombes, Francia
Reyfa	Guangzhou, China
FKUR Kunststoff GmbH	Willich, Alemania
Biomero	Krailling, Alemania

Fuente: Elaboración propia con datos del INECC (2020) y ANIPAC (2023a).

3.2.2 Comercialización y mercado de consumo

Las restricciones a la comercialización de plásticos de un solo uso en México, especialmente en el sector de empaques y embalajes, han impulsado la sustitución de los plásticos convencionales por materiales como papel, cartón y bioplásticos. Esta transición ha generado resultados diversos y, en algunos casos, efectos no previstos, como impactos en la conservación de alimentos y en su transporte. Dichas sustituciones pueden afectar la vida útil en anaquel de productos como pan y pastelería, o provocar problemas en el traslado de vegetales frescos, incluido el exceso de humedad, entre otros.

Las actividades de comercialización de productos de bioplástico presentan gran similitud con las del plástico convencional. La principal diferencia en el caso de las importaciones de resinas o productos biodegradables y compostables es que estas operaciones son realizadas por los mismos

productores de plásticos convencionales o por sus representantes y distribuidores, quienes los introducen para su venta en el mercado mexicano.

Entre los principales consumidores destacan los fabricantes de empaques y embalajes para la industria alimentaria y para el sector de entrega a domicilio. El consumo directo en el comercio minorista es prácticamente nulo debido al elevado costo del producto final y a que los comercios informales optan por desechables tradicionales, de menor precio y fácil acceso.

3.2.3 Gestión y manejo de residuos

La recuperación de residuos posconsumo fabricados con bioplásticos es aún muy limitada. En términos generales, estos materiales se recolectan junto con plásticos convencionales, en gran medida debido a su apariencia similar a la de los plásticos de un solo uso, aun cuando cuentan con leyendas y etiquetado que especifican su carácter compostable y biodegradable.

La práctica común respecto de residuos como vasos de papel recubiertos con PLA, contenedores tipo almeja fabricados con fibra natural y utensilios de mesa (cucharas, tenedores y cuchillos) elaborados con bioplásticos consiste en manejarlos junto con los residuos mezclados y enviarlos a disposición final.

No obstante, de acuerdo con la Asociación Mexicana de Bioplásticos (AMB), existen esfuerzos para la recuperación diferenciada y el envío a compostaje a gran escala en las dos plantas de compostaje reconocidas en la Ciudad de México: Bordo Poniente, a cargo de la Secretaría de Obras, y la planta de biodigestión del Instituto Politécnico Nacional, ambas con capacidad para aceptar bioplásticos para su procesamiento.

En el caso del PLA, este bioplástico es muy similar en apariencia al plástico convencional PET, pero no es reciclable bajo las mismas condiciones de operación debido a diferencias en sus temperaturas de fusión y en su fluidez. Cuando ambos materiales se mezclan en un mismo contenedor de reciclaje, el contenido no puede ser reciclado en conjunto sin un proceso previo de separación por tipo de material o sin ajustar las condiciones de operación de los equipos para procesarlos de manera diferenciada.

En este sentido, se tiene la percepción de que el uso creciente de PLA pueda entorpecer las medidas ya implementadas para reciclar plásticos (Lifeder, 2023). Con todo, empresas mexicanas han emprendido acciones destinadas a aceptar estos materiales y utilizarlos en la fabricación de filamentos para la impresión 3D, o en la fabricación de paneles o materiales de plástico con apariencia de madera.

4. Visión general del mercado

El mercado mundial de bioplásticos experimenta un crecimiento acelerado, impulsado principalmente por la preocupación ambiental en torno a la contaminación derivada del uso de

plásticos, en particular de aquellos de un solo uso destinados a productos desechables. Esta transformación ha favorecido la incorporación de bioplásticos como materia prima, especialmente en la industria del empaque. Si bien los bioplásticos no son un material nuevo, su aplicación se ha concentrado en sectores como el médico, agrícola, automotor y, más recientemente, en la industria alimentaria.

De acuerdo con estimaciones de Global Growth Insights (2024), en 2024 el mercado mundial de plásticos biodegradables alcanzó un valor de \$EU3,982 millones. Tomando como referencia 2023, Data Bridge Market Research (2024) estimó para 2024 un valor de \$EU2,482 millones, mientras que “The Brainy Insights” (2024) reportó que el mercado de plásticos biodegradables en 2022 alcanzó \$EU7,060 millones, con una tasa de crecimiento esperada de 20.03 % entre 2022 y 2030.

Aunque existen discrepancias entre las estimaciones según la fuente consultada, todas coinciden en mostrar un acelerado crecimiento en el uso y consumo de esta materia prima, impulsado principalmente por la creciente preferencia del mercado por productos biodegradables y más sostenibles, y normativas cada vez más estrictas orientadas a reducir las emisiones a la atmósfera y la huella ambiental de los plásticos.

Los bioplásticos —como el ácido poliláctico (PLA), el polihidroxialcanato (PHA), el polietileno biobasado (bio-PE) y el polipropileno biobasado (bio-PP)— son materiales que bien podrían sustituir los plásticos tradicionales, como el PET, polietileno (PE), polipropileno (PP) o el poliestireno (PS). Los bioplásticos representan menos de 1% de los 400 millones de toneladas de plásticos generados cada año (EUBP, 2024, y Plastics Europe, 2023).

Los principales productores de bioplásticos son Asia, Europa y Estados Unidos. México es un importador neto, y Europa y Asia Pacífico son los mayores mercados en el contexto internacional.

Los plásticos biodegradables de mayor interés y consumo, por tipo, son los siguientes:

- ácido poliláctico (PLA)
- mezclas de almidón
- poliésteres biodegradables de origen fósil (PHA)
- otros (celulosa, almidón o caña de azúcar)

Entre las aplicaciones de plásticos biodegradables de mayor interés y consumo destacan las siguientes:

- embalaje y bolsas
- bienes de consumo
- agricultura y horticultura
- textiles
- médicos
- otros

Además de la innovación tecnológica, los marcos regulatorios de cada país y las crecientes preocupaciones ambientales, el mercado de bioplásticos está influido por múltiples factores. Entre ellos destacan los cambios en el comportamiento de consumidores y empresas, que buscan resinas biodegradables y compostables, así como productos fabricados con estos materiales, con el fin de mantener su competitividad en un mercado cada vez más exigente en materia ambiental. No obstante, esta transición implica costos de producción más elevados, los cuales se trasladan al consumidor final, lo cual repercute de forma directa en los niveles de consumo y en la dinámica del mercado de bioplásticos.

Los bioplásticos se distinguen de los plásticos convencionales por su capacidad de degradarse mediante acción bacteriana, y transformarse en compuestos esenciales como agua, CO₂ y otros de carácter elemental cuando estos materiales se procesan en compostaje o biodigestión. Sin embargo, esta característica también plantea desafíos relacionados con el almacenamiento, distribución y vida útil en anaquel.

En este contexto, la investigación se centra en las siguientes áreas:

- obtención de biopolímeros a partir de residuos agroindustriales, como una solución a problemas de disposición final en otras aplicaciones del rubro de alimentos;
- optimización de los procesos de fermentación, almacenamiento e ingeniería microbiana para mejorar la calidad y la rentabilidad de estos materiales, y
- desarrollo de propiedades mecánicas superiores, que refuercen la protección de alimentos reduciendo el contacto con oxígeno y humedad.

Estos avances, aunados a la adopción de modelos de negocio, son determinantes para la planeación y el fomento del mercado de bioplásticos en México.

Según IfBB (2024), en términos de capacidad productiva, los plásticos no biodegradables de base biológica representan en conjunto alrededor de 36% (más de 865,000 toneladas) de la capacidad mundial de producción de bioplásticos, con una tendencia a la baja hacia el 30% para 2026. Se incluyen aquí soluciones “drop-in” como polietileno (PE), tereftalato de polietileno (PET) y poliamidas (PA), todos de base biológica. Se prevé que, en números absolutos, las capacidades de producción de polímeros de base biológica seguirán aumentando a alrededor de 2.3 millones de toneladas durante los próximos cinco años.

Mientras la producción de PET de base biológica muestra una tendencia a la baja, la atención se ha desplazado ahora hacia el desarrollo de furanoato de polietileno (PEF), material comparable al PET pero de base biológica en su totalidad, con propiedades térmicas y de barrera superiores, lo que lo convierte en un material ideal para el envasado de bebidas, alimentos y productos no alimentarios.

Las aplicaciones de los bioplásticos son similares a las de los plásticos convencionales, siendo el aspecto económico, aunado al tiempo y condiciones de almacenamiento las principales barreras a vencer para alcanzar un uso más generalizado. Por tratarse de materiales biodegradables, éstos presentan una alta sensibilidad a la temperatura, la humedad y los microorganismos que promueven su descomposición, lo que se impacta de manera sustancial los costos de almacenamiento.

El cuadro 5 recoge el costo en el mercado de diferentes tipos de bioplásticos, así como su tiempo de biodegradación. El PBS y el PHA figuran entre las alternativas más costosas en términos monetarios, mientras que el TPS y el bio-PET resultan más asequibles. Al comparar los precios de estos materiales con el del polipropileno —que en 2024 osciló alrededor de los \$EU1.24/kg y \$EU1.49/kg—, se observa que el PBS y el PHA destacan entre las alternativas más costosas.

Cuadro 5. Costo comercial de diferentes tipos de bioplásticos y tiempo de biodegradación

Bioplástico		Costo comercial (\$EU por kilo)*	Tiempo de biodegradación
TPS	Almidón termoplástico	< 1	14-110 días (en suelo)
PLA	Ácido poliláctico	2.90-3.15	Biodegradable en composta industrial
PHA	Polihidroxialcanoato	6.0-6.5	60-365 días (en suelo) 14-90 días (en agua de mar)
Bio-PE	Polietileno de origen biológico	1.50-1.70	No biodegradable
Bio-PET	Polietileno tereftalato de origen biológico	< 1	No biodegradable
PBAT	Adipato de polibutileno tereftalato	1.55-1.75	Biodegradable en composta doméstica (90-365 días)
PCL	Policaprolactona	0.9-1.25	Biodegradable en composta doméstica (90-365 días)
PBS	Polibutileno succinato	6.70-7.40	Biodegradable en composta doméstica (74-365 días)

* Precios corrientes en 2024.

Fuente: Adaptado de M. Ghasemlou, C. J. Barrow y B. Adhikari (2024).

Entre los sectores que recurren a los bioplásticos con mayor frecuencia destacan los siguientes:

Empaques y embalajes: Una de las principales aplicaciones de los bioplásticos es el empaque y embalaje, los cuales se clasifican en primarios, secundarios o terciarios. Los empaques primarios

corresponden a los materiales que entran en contacto directo con el producto; los secundarios son aquellos utilizados para transportar varias unidades individuales y son esenciales para preservar la calidad y prolongar la vida útil de los productos alimenticios.

Textiles: En este segmento, los bioplásticos se emplean básicamente como fibras de polisacáridos o almidones. El ácido poliláctico experimenta un amplio crecimiento y presencia en ropa deportiva y casual, lencería y ropa interior; los textiles de base almidón o celulosa regenerada —como el Lyocell o acetato— se utilizan en cortinas o tapicería, entre otros.

Industria automotriz, eléctrica y electrónica: Estos sectores emplean bioplásticos mezclados con otros materiales plásticos para la fabricación de componentes en aires acondicionados, ratones de computadoras, piezas pequeñas no esenciales de vehículos, teléfonos celulares y carcazas, entre muchos otros artículos.

Salud: Los bioplásticos se utilizan, de tiempo atrás, como un material adecuado para un sinnúmero de aplicaciones médicas, entre las que figuran cápsulas de medicamentos, vehículos de lenta liberación, implantes médicos y dentales, ingeniería de tejidos, protección de heridas y fibras en catéteres, por mencionar sólo algunos ejemplos.

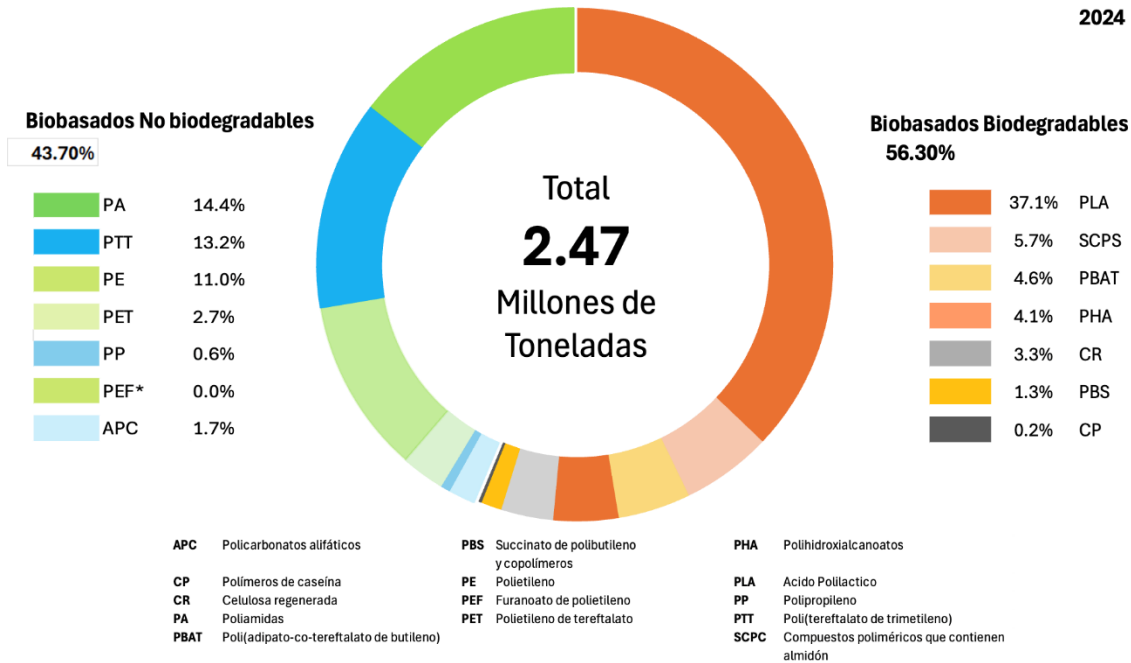
Construcción: En México existen empresas que han experimentado el reciclaje de PLA mezclado en baja proporción con otros plásticos para la fabricación de paneles o madera plástica para la fabricación de muebles.

Agricultura: Se han formulado acolchados de bioplástico identificados genéricamente como *agrobiofilm*, para sustituir los plásticos convencionales. Además de contribuir a controlar malezas y evitar el congelamiento, estos materiales sirven también para fabricar hidrogeles, material utilizado principalmente para retener agua y liberarla en forma gradual.

4.1 Panorama general de los flujos de materiales y su desempeño

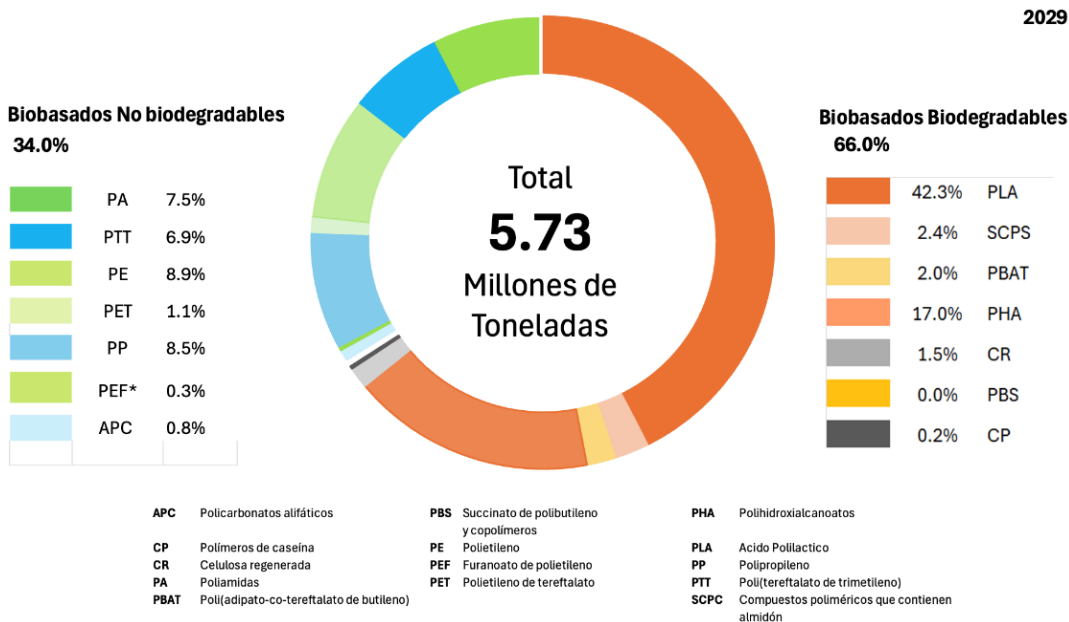
De acuerdo con European Bioplastics (2024), la capacidad mundial de producción de bioplásticos se estima en 2.47 millones de toneladas (véase la gráfica 3), aunque, en la actualidad, la industria opera a cerca de 60% de su capacidad instalada. De esta cifra, 1.09 millones corresponden a materiales de base biológica no biodegradables (44%) y 1.38 millones de toneladas a compuestos biobasados biodegradables (56%). La asociación europea pronostica que, para 2029, la capacidad de producción de bioplásticos en todo el mundo alcanzará las 5.73 millones de toneladas (véase la gráfica 4): 1.95 millones de toneladas de materiales biobasados no biodegradables (34%) y 3.78 millones de toneladas de biobasados biodegradables (66%). Cabe destacar que el sector de empaques ocupa 45% de total del mercado (1.12 millones de toneladas) de bioplástico comercializado, aunque se reconoce un incremento en la variedad de aplicaciones, destacando las fibras para bienes de consumo, la industria automotriz y el sector agrícola.

Gráfica 3. Capacidad mundial de producción de bioplásticos, 2024



Fuente: Adaptación al español de European Bioplastics (2024).

Gráfica 4. Capacidad mundial de producción de bioplásticos, 2029



Fuente: Adaptación al español de European Bioplastics (2024).

En México, la fabricación de bioplásticos, en comparación con los materiales de base petroquímica, es incipiente y se desarrolla a pequeña escala. La gráfica 5 presenta un resumen del flujo de resinas

de bioplásticos y productos terminados bioplásticos compostables en México para 2022, que se ilustra con un diagrama de Sankey.

En su diseño se utilizaron datos del consumo aparente de bioplásticos en México, el cual se presume corresponde a la balanza comercial del país, dada la exigua producción de estos materiales en la esfera nacional. Los datos de importación y exportación de resinas de bioplásticos corresponden a los siguientes códigos del Sistema Armonizado de Designación y Codificación de Mercancías obtenidos de la Base de Datos de Estadísticas de las Naciones Unidas sobre el Comercio de Productos Básicos (UN Comtrade Database, 2024):

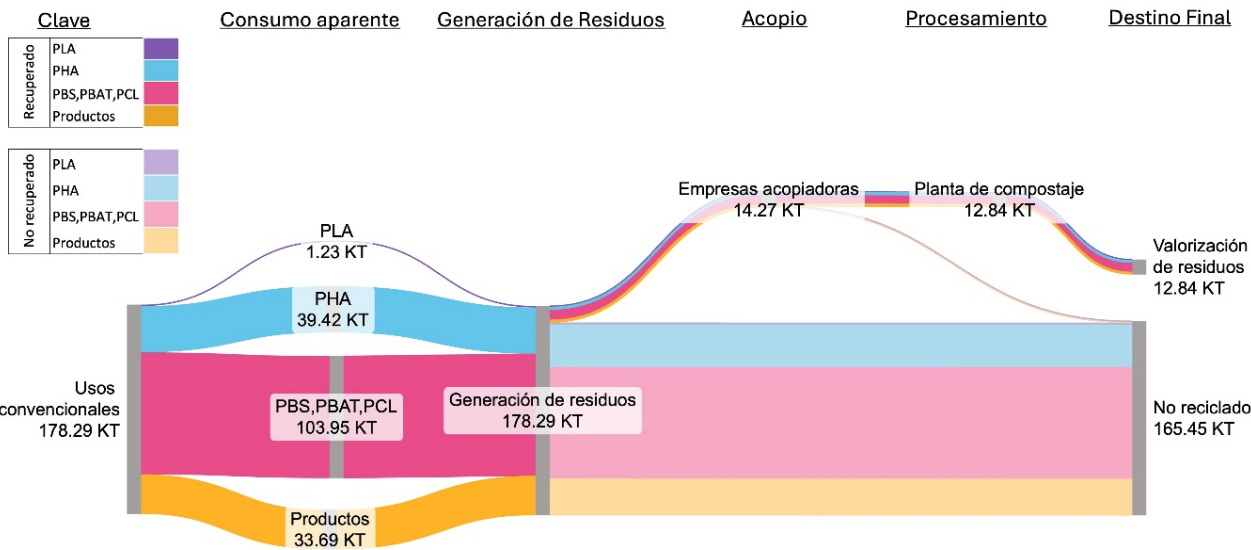
- HS 390770 - Ácido poliláctico (PLA); en formas primarias.
- HS 390791 - Los demás poliésteres, no saturados; en formas primarias (esta fracción se refiere al polihidroxialcanoato [PHA]).
- HS 390799 - Los demás poliésteres, no saturados; en formas primarias (esta fracción agrupa el succinato de polibutileno [PBS], el adipato de polibutileno tereftalato [PBAT] y la policaprolactona [PCL]).
- HS 392329 - Plásticos; sacos y bolsas (incluidos los conos), para el transporte o embalaje de mercancías, de plásticos distintos de los polímeros de etileno (esta fracción se refiere a productos compostables).

Elaborado en la plataforma de acceso abierto SankeyMATIC, el diagrama describe los flujos de materiales de izquierda a derecha. Se observa un nodo inicial que indica que estas resinas y productos son de uso convencional. A continuación se presentan cuatro nodos que representan el consumo aparente de las resinas y productos. Inmediatamente después se presenta el nodo de generación de residuos que, en magnitud, se considera igual al consumo aparente de resinas y productos de bioplásticos desagregados en los nodos previos. A la derecha del nodo de generación de residuos es posible distinguir el flujo de residuos recuperados y enviados a compostaje y un flujo de residuos no reciclable. La descripción detallada de los componentes de este diagrama se incluye en los párrafos siguientes.

De acuerdo con estimaciones de la Asociación Mexicana de Bioplásticos, A.C., 80% de las importaciones netas de estos productos se quedan en la Ciudad de México, de cuyos residuos apenas 10% se recupera para su valorización, aunque de este porcentaje 1% corresponde a material no apto para reciclaje (AMB 2025).

En 2022, en México, el consumo de resinas y productos elaborados con bioplásticos (nodo inicial) fue de 178.29 kt, el cual se desagrega de la siguiente manera: 1.23 kt de PLA (0.69%), 39.42 kt de PHA (22.11%), 103.95 kt de PBS, PAT y PCL (58.30%), y 33.69 kt de productos terminados fabricados con bioplásticos (18.90%), representados en los nodos de consumo aparente. Tomando estos datos de referencia, la generación de residuos se estima en 178.29 kt (nodo de generación de residuos), de los cuales 14.27 kt (8.0%) se recolectan (nodo de acopio), 12.84 kt (7.20%) se valorizan en plantas de reciclaje (nodo de procesamiento y nodo de valorización de residuos en destino final) y 165.45 kt (92.8%) no se reciclan (nodo de no reciclado en destino final). (AMB 2025.)

Gráfica 5. Flujos de residuos de bioplásticos, por tipo de resina y productos, en México, en 2022 (kilotoneladas)



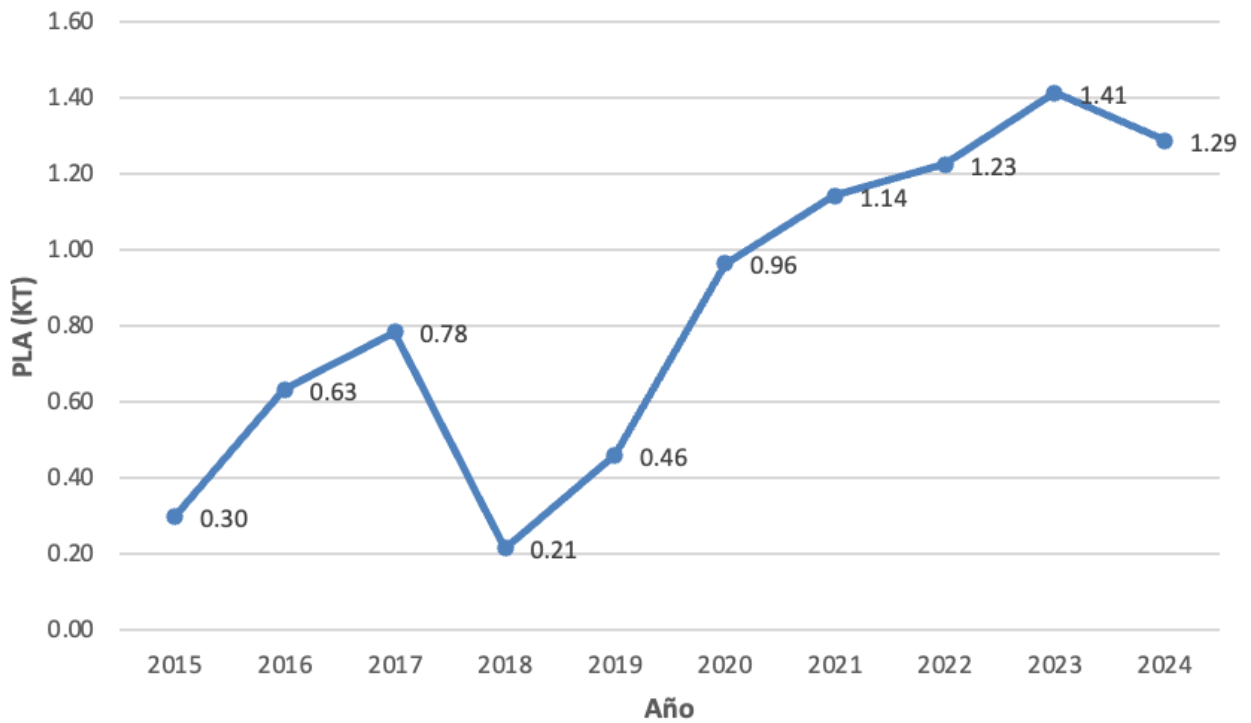
Fuente: Elaboración propia con información de la AMB (2025) y datos de UN Comtrade (2024).

En 2022 en México, el mercado de bioplásticos, en términos monetarios, alcanzó \$EU768,502,567, distribuidos de la siguiente manera: PLA, \$EU3,640,520; PHA, \$EU110,216,283; PBS, PAT y PCL, \$EU466,426,041, y productos terminados, \$EU188,219,723.

A efecto de determinar las tendencias en el consumo aparente por tipo de resina, se analizó la información de la balanza comercial reportada por UN Comtrade Database (2024) en un periodo de diez años, comprendidos entre 2015 y 2024. En general, se encontró que el consumo aparente de bioplásticos presenta tasas de crecimiento positivas durante el periodo.

El consumo aparente de PLA en México entre 2015 y 2024 muestra una tendencia creciente, al pasar de 0.3 kt en 2015 a 1.29 kt en 2024, siendo el año de mayor consumo 2023 cuando se consumieron 1.41 kt, mientras que 2015 registró el menor consumo: 0.21 kt. La tasa de crecimiento promedio de esta resina para dicho periodo fue de 35.61%, siendo 2019 el año de mayor crecimiento en el consumo, cuando la tasa de crecimiento interanual se ubicó en 115 por ciento.

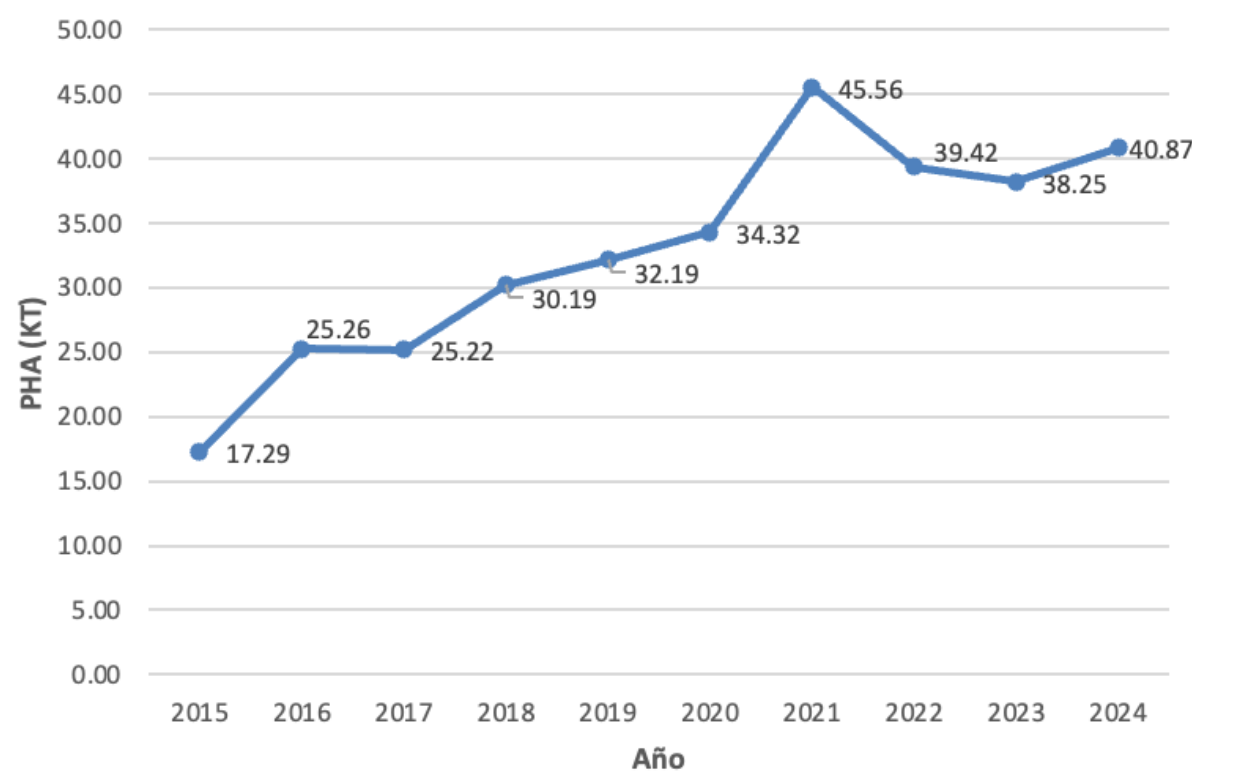
Gráfica 6. Consumo aparente de PLA en México, 2015-2024 (kilotoneladas)



Fuente: Elaboración propia con información de UN Comtrade (2024).

Entre 2015 y 2024, el consumo aparente de PHA en México experimentó una tendencia al alza, al pasar de 17.29 kt en 2015 a 40.87 kt en 2025. En el año de mayor consumo, 2021, se consumieron 45.56 kt, mientras que en el de menor consumo, 2015, fueron 17.29 kt. La tasa de crecimiento promedio de esta resina durante el periodo fue de 11.34%, siendo 2016 el año que registró el mayor crecimiento en términos de consumo, con una tasa interanual de 46.13 por ciento.

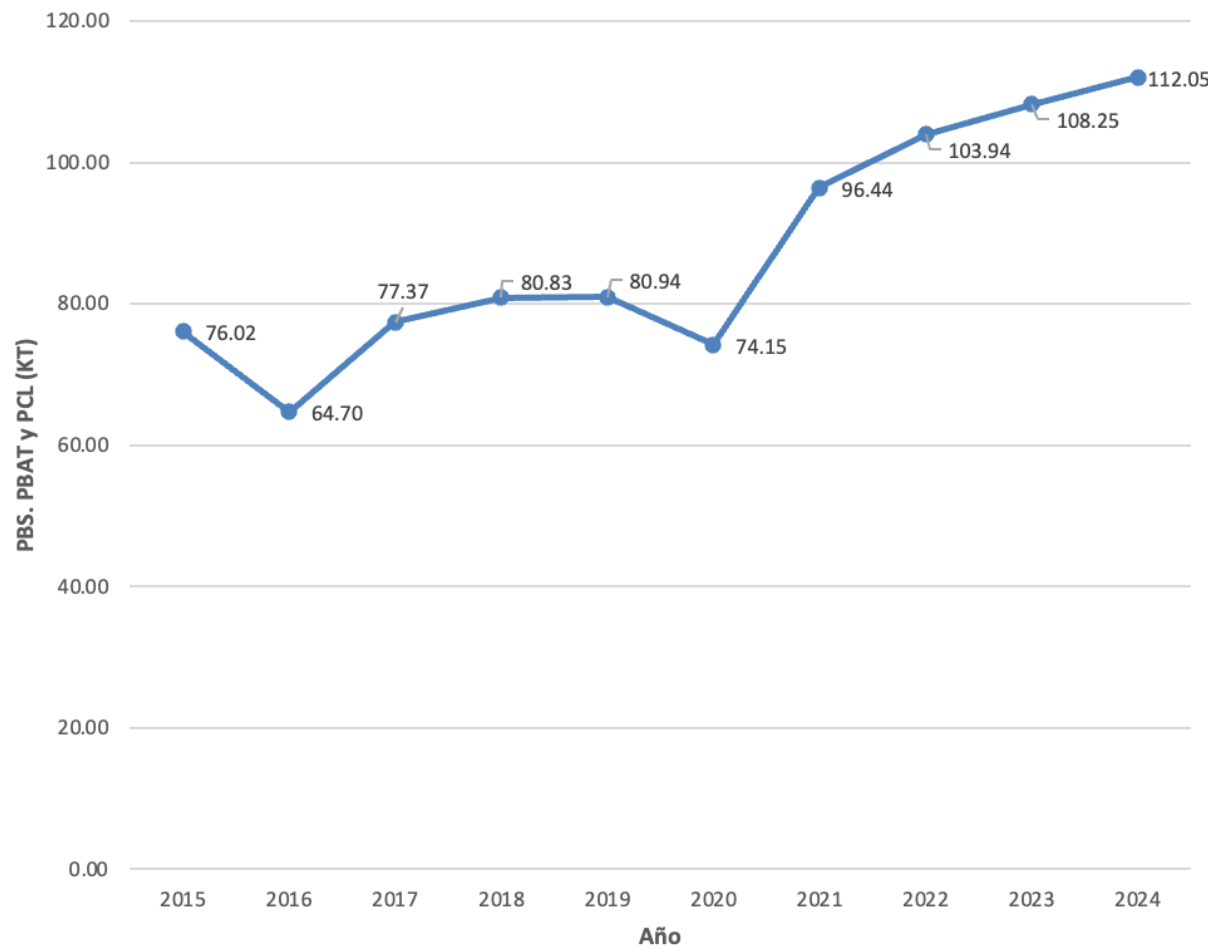
Gráfica 7. Consumo aparente de PHA en México, 2015-2024 (kilotoneladas)



Fuente: Elaboración propia con información de UN Comtrade (2024).

El consumo aparente de PBS, PBAT y PCL en México mostró una tendencia creciente entre 2015 y 2024, al pasar de 76.02 kt en 2015 a 112.05 kt en 2024. El nivel más alto de consumo se registró en 2024 (112.05 kt), mientras que el más bajo se observó en 2016 (64.7 kt). En promedio, estas resinas crecieron a una tasa anual de 5.16% durante el periodo analizado, en el que 2021 destaca como el año de mayor dinamismo, con un crecimiento interanual de 30 por ciento.

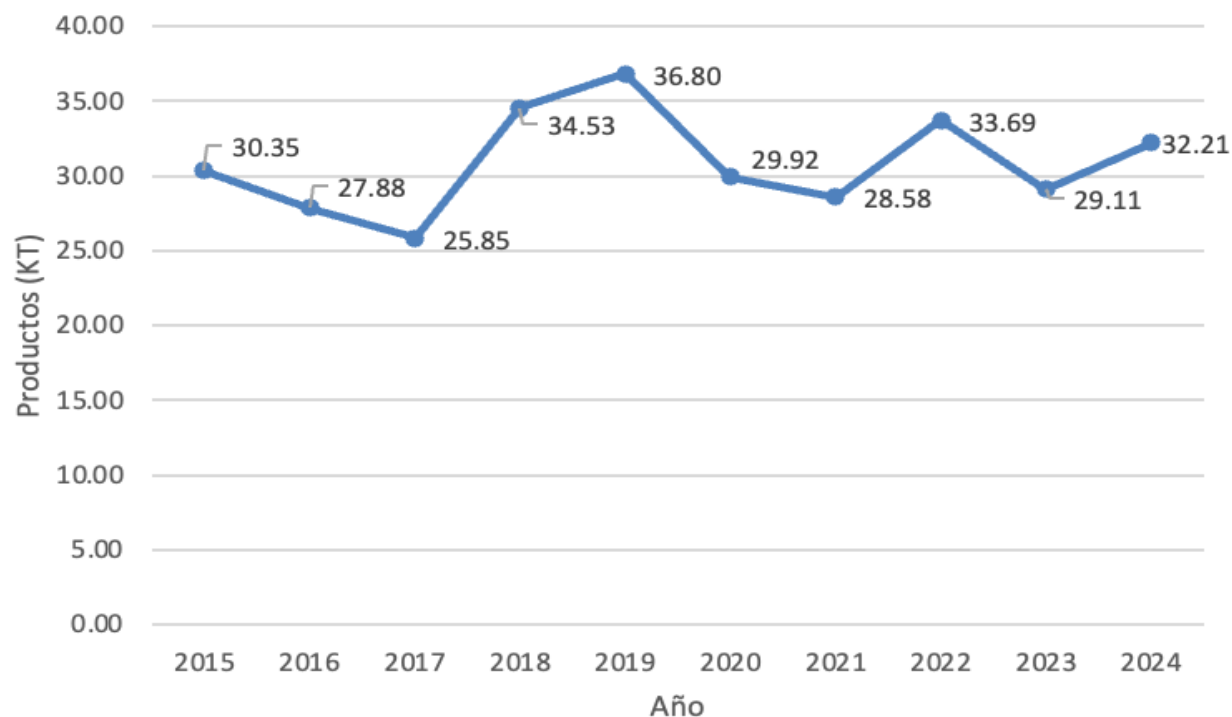
Gráfica 8. Consumo aparente de PBS, PBAT y PCL en México, 2015-2024 (kilotoneladas)



Fuente: Elaboración propia con información de UN Comtrade (2024).

El consumo aparente de productos fabricados con bioplásticos en México mostró una tendencia creciente entre 2015 y 2024, al pasar de 30.35 kt en 2015 a 32.21 kt en 2024. El año de mayor consumo se registró en 2019 con 36.80 kt, mientras que el de menor consumo fue 2017 con 25.85 kt. En promedio, el crecimiento anual durante el periodo fue de 1.83%, destacando 2018 como el año de mayor crecimiento, con una tasa interanual de 33.58 por ciento.

Gráfica 9. Consumo aparente de productos fabricados con bioplásticos en México, 2015-2024 (kilotoneladas)



Fuente: Elaboración propia con información de UN Comtrade (2024).

En resumen, la resina con la mayor tasa de crecimiento promedio en su consumo aparente en los últimos diez años es el PLA (35.61%), seguida por el PHA (11.34%), y el PBS, PBAT y PCL (5.16 por ciento).

5. Mercados secundarios

El mercado de bioplásticos en México es aún incipiente y su crecimiento obedece, en gran medida, a presiones de índole social en las esferas nacional e internacional, derivadas de la creciente preocupación por la contaminación marina y terrestre causada por plásticos y microplásticos, así como por sus impactos en la salud de los organismos vivos.

El uso de bioplásticos se ha iniciado, en gran medida, por la sustitución de materiales convencionales en aplicaciones tradicionales, con el objetivo de reducir la generación de plásticos de un solo uso. Entre éstos destacan bolsas tipo camiseta, utensilios desechables (vasos, platos, cubiertos y popotes) y envases y empaques fabricados a partir de polietileno, poliestireno o polipropileno. Algunos de los productos plásticos convencionales, o todos, fueron inicialmente prohibidos en algunos estados del país, mientras que en otros la legislación es un poco más flexible y permite el uso de materiales reciclables o reutilizables con plan de manejo y estrategia definida para su recuperación con fines de reciclaje, o biodegradables o compostables como el PLA, fibras naturales

o bioplásticos en general, para asegurar que su presencia en el medio ambiente será por un tiempo corto y se degradará en compuestos elementales.

Al ser biodegradables y compostables, los bioplásticos representan una alternativa ambiental adecuada y contribuyen a reducir el impacto asociado a los plásticos convencionales de un solo uso. Al mismo tiempo, la legislación promueve el envío de dichos materiales a compostaje o, en el caso de las bolsas, su aplicación en la contención de residuos orgánicos y su disposición a través de los sistemas de limpia de la localidad.

Sin embargo, la recuperación de estos materiales no interesa a los recolectores de base debido a su bajo calibre, lo que significa que para juntar un kilo de material se requiere una gran cantidad de unidades, además del precio de mercado bajo o nulo.

Por otro lado, el gobierno no cuenta con plantas industriales de compostaje, y la producción de estos materiales no resulta de interés para el sector privado debido a los altos costos de producción y de venta de composta, poco atractivos como negocio.

En instituciones académicas, en cambio, las iniciativas de compostaje cobran cada vez mayor interés como estrategia de capacitación técnica, aunque carecen de instalaciones certificadas o reconocidas como plantas industriales para el procesamiento de residuos posconsumo con materiales compostables o biodegradables.

Esta situación plantea la necesidad de sustituir la materia prima del plástico de origen fósil por bioplásticos en beneficio del medio ambiente, toda vez que el proceso de biodegradación transcurre en periodos breves y de manera natural, y también que el sector privado, bajo esquemas de responsabilidad extendida, se encargue de la recuperación de los residuos posconsumo y garantice su envío a instalaciones de compostaje.

No obstante, ello implicaría promover un sistema de recolección paralelo, con los respectivos impactos ambientales asociados, tales como consumo de combustibles, congestión vial y generación de emisiones atmosféricas, además del reto de separar residuos que la población sigue desechando de manera mezclada a través del sistema de limpia.

Si bien la Asociación Mexicana de Bioplásticos ha emprendido acciones para la recuperación de materiales y su envío a compostaje —con lo que se completaría el ciclo esperado para los bioplásticos—, aún no se dispone de informes sobre volúmenes procesados bajo este esquema.

En la esfera internacional, el destino de los bioplásticos busca asegurar que, en caso de liberarse al medio ambiente, se degraden en menor tiempo que los plásticos convencionales, lo cual reduciría el impacto en la fauna y los ecosistemas marinos. Cabe señalar que en países europeos y, en general, en economías desarrolladas, la existencia de sistemas de limpia más eficientes disminuye la presencia de estos residuos en el medio ambiente.

En México, los residuos posconsumo de bioplásticos tienen por destino instalaciones de compostaje como primera opción; sin embargo, como ya se ha señalado, estos materiales no se recuperan debido a su bajo valor económico para las personas recolectoras de base, así como a la falta de interés de los centros de acopio, y a la inexistencia de plantas industriales de compostaje —públicas o privadas— certificadas que los reciban de manera sistemática. En consecuencia, no existe un mercado secundario funcional para el reciclaje o aprovechamiento de bioplásticos posconsumo, lo que da como resultado que, en su gran mayoría, terminen mezclándose con otros residuos sólidos urbanos y enviándose a disposición final, ya sea a rellenos sanitarios (en el mejor de los casos) o a sitios de disposición controlados o no controlados. Este contexto limita de forma significativa el cumplimiento de los principios de circularidad en el manejo de este tipo de materiales.

5.1 Infraestructura de la cadena de valor de los bioplásticos

La infraestructura destinada a los bioplásticos en México está condicionada por dos factores principales: primero, el país no produce bioplásticos, sino que sólo los transforma en productos, principalmente envases y embalajes; segundo, la recuperación de residuos de bioplásticos es prácticamente inexistente debido a su escaso o nulo valor de mercado.

En cuanto a la materia prima, la oferta se concentra en pellets importados de PLA, PHA, almidón, PBAT, PBS y fibras de celulosa de bagazo de caña, entre otros, que adquieren empresas importadoras y los venden a transformadores para producir, sobre todo, envases y embalajes. Aunque existen pequeñas empresas nacionales que comienzan a fabricar pellets biobasados a partir de residuos agroindustriales, su escala de producción aún es marginal.

Respecto al manejo de residuos, en México no existen instalaciones específicas para la recuperación, tratamiento y aprovechamiento de bioplásticos posconsumo. Algunas acciones aisladas en la Ciudad de México han buscado canalizar estos materiales hacia plantas de compostaje, pero los volúmenes recuperados son mínimos. A ello se suma la dificultad de separación: en la práctica, la población no distingue entre plásticos convencionales y bioplásticos, y dispone ambos junto con residuos orgánicos en bolsas fabricadas con almidón de maíz o papa. Como resultado, los bioplásticos se eliminan y manejan en la misma infraestructura destinada a los residuos sólidos urbanos (RSU) en municipios y alcaldías.

5.2 Recolección de residuos posconsumo de bioplásticos

Con base en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, el sistema de limpia es un servicio público municipal que comprende la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos. Este servicio puede estar asociado a una tarifa o impuesto, aunque, en la práctica, muy pocos ayuntamientos lo cobran; por lo general, es gratuito y se apoya en aportaciones voluntarias de la ciudadanía a las personas operadoras.

Para atender los residuos posconsumo, el sistema de limpia debería contar con equipamiento que permita recibir residuos separados en origen. Sin embargo, esta condición sólo se cumple en algunas ciudades —principalmente capitales estatales— donde la separación se limita a dos fracciones:

orgánica e inorgánica. Sólo en unos cuantos municipios se incluyen categorías adicionales como papel, vidrio o residuos mezclados.

En este contexto, es común encontrar residuos de bioplásticos (como vasos o contenedores de fibras vegetales o PLA), mezclados con desechos recolectados en la vía pública. Lo mismo ocurre con las bolsas de acarreo fabricadas con materiales biobasados (almidón de maíz, remolacha o papa) que, por lo general, se eliminan con la fracción inorgánica, al utilizarse para contener y entregar los desechos al sistema de limpia. Además, un hábito frecuente de la población consiste en anudar las bolsas fuertemente al usarlas para transportar productos, lo que dificulta su reutilización al tenerse que romper para extraer los productos adquiridos, lo que refuerza su carácter de producto de un solo uso.

Históricamente, el uso de contenedores en vía pública fue una estrategia implementada entre las décadas de 1970 y 1980, pero se suprimió en muchas comunidades debido a la constante saturación y frecuente desbordamiento de los contenedores, lo que generaba mala imagen urbana y propiciaba la presencia de fauna indeseable, como roedores e insectos. Los residuos depositados en dichos contenedores eran, por lo general, de origen doméstico dispuestos ahí por la deficiente recolección domiciliaria. Como resultado, la población generó desconfianza hacia este esquema, a pesar de que un sistema de contenerización bien gestionado 24x7 contribuye a reducir el uso de vehículos recolectores y acercar a la ciudadanía un medio permanente para eliminar sus residuos. Sin embargo, se ha demostrado que este modelo resulta exitoso cuando los contenedores se conservan en buen estado y mantienen un nivel de ocupación no mayor de 75% de su capacidad.

De acuerdo con datos del INEGI, sólo 816 de los 2,475 municipios del país cuentan con un sistema de recolección que considera contenedores en vía pública, lo que refleja la limitada cobertura de este tipo de infraestructura a escala nacional (INEGI 2023).

Cuadro 6. Municipios por estado que emplean contenedores para recolección, 2023

Entidad federativa	Número de municipios con contenedores
Aguascalientes	11
Baja California	3
Baja California Sur	3
Campeche	7
Chiapas	39
Chihuahua	25
Ciudad de México	9
Coahuila	17
Colima	3
Durango	19
Guanajuato	33
Guerrero	24

Entidad federativa	Número de municipios con contenedores
Hidalgo	54
Jalisco	52
México	58
Michoacán	57
Morelos	18
Nayarit	5
Nuevo León	18
Oaxaca	81
Puebla	61
Querétaro	12
Quintana Roo	7
San Luis Potosí	26
Sinaloa	7
Sonora	26
Tabasco	11
Tamaulipas	11
Tlaxcala	7
Veracruz	67
Yucatán	30
Zacatecas	15
Total general	816

Fuente: INEGI, *Censo nacional de gobiernos municipales y demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, 2023*, tabulados básicos.

Si un municipio decide implementar un sistema específico para la recolección de bioplásticos, es indispensable garantizar primero la existencia de contenedores suficientes, no sólo para la recolección separada de residuos entre orgánicos e inorgánicos —según establece la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR)—, sino también para recuperar bioplásticos.

En México, la separación máxima de residuos sólidos urbanos suele abarcar cuatro fracciones: orgánicos, inorgánicos reciclables, inorgánicos no reciclables y residuos voluminosos y de manejo especial.

En la Ciudad de México, los residuos posconsumo de bioplásticos se incluyen en la fracción orgánica, de acuerdo con la norma NADF024-AMBT-2013, que define también los posibles tipos de aprovechamiento de estos materiales. En general, los esquemas municipales tienden a simplificar la separación en tres fracciones: orgánicos, reciclables e inorgánicos no reciclables. En algunos casos se añaden categorías específicas, como residuos voluminosos o envases multicapa.

Uno de los principales desafíos estriba en que los bioplásticos presentan una apariencia visual similar al plástico convencional, lo que genera confusión en la población respecto a su disposición adecuada. Esta similitud aumenta el riesgo de que se depositen incorrectamente en la fracción inorgánica, lo cual limita su valorización mediante compostaje u otros procesos para residuos orgánicos. Cuando estos materiales se mezclan en la fracción inorgánica o se recuperan para reciclaje junto con plásticos convencionales, se requiere tecnología para su correcta separación, y México no cuenta con infraestructura específica y suficiente para procesarlos.

Por ello, crear mayor conocimiento y sensibilización de la población respecto al manejo adecuado de los residuos bioplásticos resulta indispensable: la ciudadanía debe contar con información clara sobre la fracción correcta en la que deben eliminarse para su manejo. Asimismo, para que estos materiales puedan aprovecharse mediante reciclaje mecánico, la industria debe contar con tecnología adecuada, la cual, al momento de elaboración de este estudio, prácticamente es inexistente en el país para residuos posconsumo de bioplásticos.

5.3 Biodegradabilidad, reciclaje y valorización de residuos bioplásticos en México

Las principales ventajas de los bioplásticos frente a los plásticos convencionales son su biodegradabilidad y compostabilidad, características que los consumidores perciben como una respuesta a la reducción del impacto ambiental.

En México, la normativa establece que los residuos de bioplásticos biobasados y biodegradables pueden eliminarse a través del sistema de limpia, dentro de la fracción orgánica, para después enviarse a plantas industriales de compostaje (procesos aeróbicos) o de digestión anaerobia (DA). En los primeros, los materiales se transforman en dióxido de carbono (CO_2), agua y biomasa; en los segundos, se degradan hasta formar metano (CH_4) y otros compuestos que conforman el biogás.

En el caso de “bolsas de acarreo compostables”, las recomendaciones son reutilizarlas para el manejo de residuos orgánicos y su entrega al sistema de limpia. Sin embargo, esta práctica genera complicaciones: el contacto con materia orgánica impregna las bolsas de olores y residuos, lo que hace necesario su lavado, incluso con compuestos químicos, como sosa cáustica caliente, a efecto de eliminar o reducir el olor y quitar los residuos adicionales.

Respecto al reciclaje mecánico, los residuos de bioplásticos deben separarse, someterse a un lavado intenso para retirar cualquier olor o impureza, y evaluarse según su mezcla con otros materiales (película o rígidos), como sucedería al reciclar bolsas con vasos de PLA o con mezcla de bioplásticos.

En la actualidad, en México no existen plantas dedicadas exclusivamente a este proceso, y en las instalaciones de reciclaje mecánico de plásticos convencionales, los bioplásticos se consideran merma, al no haber industria que los reincorpore, por lo que se entregan al sistema de limpia para su disposición final. Procesos como el *hidropulper*, utilizado en la industria papelera, permiten

separar plásticos de vasos de papel o cartón, pero los residuos generados son difíciles y costosos de reprocesar, por lo que suelen terminar en disposición final.

Otras tecnologías, como la gasificación para producir combustibles alternativos similares al diésel, han tenido aplicaciones puntuales pero sin continuidad a largo plazo.

Con base en lo anterior, el destino final más viable para los bioplásticos es el compostaje industrial, cuya viabilidad depende de inversiones gubernamentales y de la creación de un mercado formal para la composta. En la actualidad, varias entidades estatales cuentan con programas comunitarios o plantas estatales de compostaje, figurando abajo (ya que ciudad de México funciona como distrito federal con competencias equivalentes a las de un estado, se ha incluido en esta lista):

- **Ciudad de México:** Planta de Bordo Poniente, procesa residuos de la Central de Abasto, mercados públicos, poda urbana y residuos domiciliarios. La composta se destina a reforestación, jardinería urbana o venta a productores agrícolas.
- **Querétaro (Querétaro):** Planta en relleno sanitario, con capacidad de 150 toneladas al día, donde se procesan residuos separados en origen o asociados a campañas comunitarias de educación ambiental.
- **Nuevo León (San Pedro Garza García):** Planta municipal que procesa residuos de poda y jardines, donde la composta se distribuye de manera gratuita a ciudadanos y para uso en áreas verdes públicas.
- **Jalisco (Zapopan):** Planta municipal y módulos comunitarios, con una capacidad total superior a las 2,000 toneladas anuales (5 toneladas al día) para procesar residuos verdes.
- **Yucatán (Mérida):** Planta en el relleno sanitario municipal para el aprovechamiento de residuos orgánicos de poda y mercados, complementada con talleres y composteras comunitarias.
- **Jalisco (Tlajomulco de Zúñiga):** Planta municipal de compostaje municipal que procesa residuos de la separación obligatoria, con programas escolares de compostaje.
- **Michoacán (Morelia):** Planta inaugurada en 2022 para el procesamiento de residuos orgánicos de mercados, podas, restaurantes y ciudadanía en carácter de voluntaria.
- **Puebla (Puebla):** Planta municipal en relleno sanitario para el procesamiento de residuos verdes como complemento a los puntos verdes y de educación ambiental de la entidad.

Sin embargo, la entrega gratuita de composta o como un componente de unión comunitaria o educativa desincentiva la consolidación de un mercado de compostaje, además de que la presencia de contaminantes como vidrio, metales y plásticos entraña grandes esfuerzos para asegurar que se reciben productos biodegradables y compostables en esas plantas y que la calidad del producto final o composta sea de alta calidad para su venta y distribución. Estos factores representan las principales barreras para impulsar un mercado de composta que incluya la recepción de bioplásticos, ya sea en bolsa, vasos de PLA o con otro bioplástico biobasado.

Un caso particular es la planta industrial del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en la Ciudad de México, donde se aceptan ciertas cantidades de bioplásticos en su proceso de compostaje.

En general, el manejo de residuos orgánicos en México depende de los sistemas de limpia municipales, que operan con vehículos recolectores, estaciones de transferencia y sitios de disposición final. Aunque algunos municipios cuentan con plantas de compostaje o incluso de biodigestión (principalmente para el procesamiento de residuos de rastros, mataderos o lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales), la oferta de infraestructura es aún mínima. Por ello, la mayoría de los residuos orgánicos —incluidos los bioplásticos— tienen como destino final un relleno sanitario o sitio de disposición a cielo abierto.

Las nuevas políticas y disposiciones reglamentarias del país impulsan el uso de la infraestructura disponible para la recuperación de cualquier tipo de residuos, incluidos los bioplásticos.

La problemática asociada a los sistemas de limpia como cobertura limitada, infraestructura obsoleta, falta de presupuesto y ausencia de tarifas específicas para el manejo, tratamiento y disposición final de los residuos, en general, se aplica de igual manera al manejo de los residuos de bioplásticos.

El Acuerdo Nacional para la Nueva Economía del Plástico reporta en su cuarto informe los datos presentados por 80 empresas, indicando que se sustituyeron o eliminaron 60,504 toneladas de plásticos convencionales. De esta cifra, sólo 196 toneladas correspondieron a sustitución por bioplásticos en 2023 (ANIPAC, 2023b).

6. Marco normativo

La reglamentación aplicable a los bioplásticos en México suele encontrarse en el marco normativo de los plásticos convencionales y, de manera ocasional, en disposiciones relacionadas con residuos sólidos urbanos (RSU) o de manejo especial.

La formulación de nuevas políticas públicas incide de manera directa —e incluso indirecta— en la conformación de un marco normativo en materia de bioplásticos, toda vez que las restricciones en el uso de plásticos de un solo uso repercuten en una aplicación más generalizada de los bioplásticos o los aditivos que aceleran su degradación en el medio ambiente. Al ser un material deseable para sustituir en algunas aplicaciones los plásticos convencionales, el sector privado lo considera un alternativa para continuar con sus actividades económicas.

En México, la reglamentación en materia de plásticos guarda estrecha relación con las políticas públicas y las tendencias internacionales en materia de economía circular, impulsadas por la Fundación Ellen MacArthur, acuerdos sobre contaminación plástica (incluida la marina), la Alianza Mundial para la Acción contra el Plástico y convenios suscritos con entidades mexicanas, así como diversas iniciativas del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) sobre medio ambiente, resiliencia, sustentabilidad y, por supuesto, plásticos. Todos estos elementos han influido en la conformación de las políticas públicas nacionales respecto de la prohibición y restricción de plásticos de un solo uso.

No obstante, esta nueva estructura de política nacional requiere complementarse con instrumentos que den certidumbre al sector privado, definiendo con claridad el rumbo de las acciones relacionadas con plásticos, su impacto en el medio ambiente y la salud pública.

En México, las políticas públicas en materia de residuos corresponden al gobierno federal y, en particular, a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), entidad que, además, publica el Diagnóstico de Prevención y Gestión Integral de Residuos (DBGIR), documento que abarca todo tipo de materiales, desde residuos peligrosos, petroleros y mineros, hasta los residuos de manejo especial y los RSU. Éstos se fortalecen con los Programas Nacionales de Prevención y Gestión Integral (PNPGIR) para Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Residuos de Manejo Especial (RME), así como con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y los Estándares (antes Normas Mexicanas o NMX).

Establecidas en el marco jurídico, las políticas públicas determinan la dirección que el país debe seguir, aunque el impacto se circunscribe al periodo administrativo en curso, en particular en instrumentos de corto plazo. Éstos comprenden los Programas Nacionales para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, en su versión para RSU y RME. Las NOM y los Estándares (antes NMX) se someten a revisión, actualización o revalidación de su contenido cada cinco años, mientras que los diagnósticos nacionales se actualizan sólo en ocasiones para algunos estados y, muy pocas veces, para municipios.

Todos estos instrumentos conforman los trámites y la gestión ambiental a realizar por las empresas en sus operaciones. En este marco de referencia se incorporan los bioplásticos, aunque se carece de instrumentos regulativos específicos para su producción, uso, manejo y reciclaje o valorización, siendo la disposición final el único mecanismo utilizado.

Un aspecto a destacar es que, en materia de plásticos, la reglamentación en México avanzó primero en las esferas estatal y local, con el establecimiento de restricciones y prohibiciones, antes que a escala federal, y se abrieron posibilidades a cambios en las materias primas de plásticos convencionales a bioplásticos y otros plásticos reutilizables. Ello pone de manifiesto las deficiencias o inexistencia de un marco reglamentario en la materia.

Esta situación hace evidente la necesidad de homologar la legislación local y nacional, partiendo de una misma política pública, además de crear instrumentos que permitan el manejo adecuado de los residuos de bioplásticos en vertientes ya exploradas como compostaje o reciclaje mecánico o térmico, apoyados en la instrumentación adecuada de planes de manejo y su futura transformación en esquemas de responsabilidad extendida del productor.

En este contexto, el concepto de *economía circular* (EC) cobra enorme relevancia: aunque su definición general —extender la vida útil de los materiales, reducir el consumo de materia prima virgen (principalmente la proveniente de fuentes no renovables) y proteger la salud ambiental y humana— es del entendimiento de todos los sectores, su aplicación requiere acciones diferenciadas que coadyuven a resolver de manera puntual las diversas condiciones concernientes al ciclo de vida

de un material. En el caso de los bioplásticos, su potencial como alternativa frente a los plásticos convencionales es incierto en lo que respecta a su manejo, reciclaje y valorización, lo que suscita cuestionamientos sobre su efectividad como solución al problema de los plásticos y sus aplicaciones.

La EC incorpora enfoques innovadores como la remanufactura, reparación —como mecanismo para ampliar la vida útil y sustituir sólo los elementos necesarios— y la “prestación de servicios”, en un intento por cambiar el enfoque tradicional de compra y propiedad individual en un sinnúmero de productos. Sin embargo, pese a aplicarse de manera generalizada en productos de uso cotidiano de la población, no se han generado los resultados esperados, aunque representa un paso en la dirección correcta.

En conclusión, el marco reglamentario en México centra su atención en el manejo de RSU y, más recientemente, en plásticos convencionales, e incorpora los bioplásticos como residuos de manejo especial, y no les confiere una definición clara. Además de sólo considerar los plásticos convencionales, la normativa aporta —de manera indirecta— elementos o bases para la incorporación de los bioplásticos como materiales novedosos con valor ambiental. Tomando como base los elementos descritos, el marco reglamentario vigente en México se describe en el apartado siguiente.

6.1 Resumen del marco reglamentario y normativo en las esferas federal, estatal y local

A escala federal (véase el cuadro 7), los residuos bioplásticos no se encuentran mencionados de manera explícita en la reglamentación vigente; sin embargo, pueden considerarse dentro de las disposiciones más recientes sobre plásticos, en las que, de manera general, se fomenta la sustitución de plásticos convencionales por materiales biodegradables y compostables.

De manera indirecta, estos residuos están contemplados en la LGPGIR y la NOM-161-Semarnat-2011, en las que los bioplásticos se incorporan en planes específicos de residuos posconsumo y bienes, principalmente en la Ciudad de México, como estrategia de sustitución de materia prima virgen. Sin embargo, la norma no los menciona de forma explícita, aunque contempla el procedimiento mediante el cual las entidades federativas pueden proponer la incorporación de nuevos residuos a sus listados. Para 2025 se registran al menos 17 planes de manejo autorizados, tanto de alcance nacional como estatal, para productos compostables y bioplásticos, en los que se establece un manejo diferenciado con el propósito de impulsar su valorización.

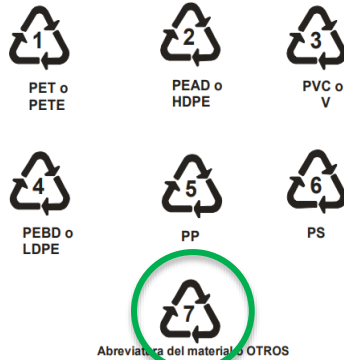
En cuanto al compostaje de bioplásticos, la NMX-AA-180-SCFI-2018 —en complemento con la NOM-004-Semarnat-2002— representa el referente técnico más cercano. Si bien los bioplásticos no se incluyen en el listado de residuos orgánicos compostables, por sus características microbiológicas pueden considerarse parte de este grupo.

Asimismo, se identificaron al menos cinco Estándares (antes NMX) relacionados con los bioplásticos, los cuales, a pesar de no tener carácter obligatorio, sirven como referencias técnicas para homologar terminologías, métodos de prueba, identificación y evaluación de la compostabilidad, siendo la NMX-E-273-NYCE-2019 el referente técnico para certificar bioplásticos compostables en México.

Cuadro 7. Características generales de la normativa ambiental a escala federal con incidencia en los bioplásticos en México

Instrumento	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación y descripción general	Incidencia en los bioplásticos
LPGIR y su Reglamento	2003	Nacional. Establece la política pública en materia de residuos, entre los que se incluyen los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, así como los peligrosos, mineros y petroleros.	Establece directrices para el manejo de residuos, incluidos <i>los bioplásticos</i>, generados en diferentes actividades productivas y por diferentes fuentes (industria, comercio y sector de servicios, entre otros), así como la obligación de elaborar planes para su manejo. Las iniciativas de reformas y adiciones a la LPGIR buscan incorporar prohibiciones de los plásticos de un solo uso y principios de economía circular. Esto implica que, además de reducir el consumo de plásticos convencionales, se busca impulsar el uso de materiales alternativos, como <i>los bioplásticos</i>.
Normas oficiales mexicanas y estándares en materia de residuos			
NOM-161-Semarnat-2011	2013	Nacional. Establece los criterios para clasificar los residuos de manejo especial (RME) y determinar cuáles están sujetos a un plan de manejo, y contiene el listado de éstos.	Establece los criterios para clasificar los RME, y es función de los estados y ayuntamientos determinar cuáles se sujetan a un plan de manejo. En la actualidad, no se incluyen los <i>plásticos ni bioplásticos</i>. Este instrumento busca incrementar el aprovechamiento o valorización de los RME.

Instrumento	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación y descripción general	Incidencia en los bioplásticos
			Actualmente, existen planes de manejo de ámbito nacional y estatal, para el manejo de distintas corrientes de residuos plásticos posconsumo como: PET, PEAD, PEBD, PS, PP, PE y sus variantes. A partir de las disposiciones reglamentarias y prohibiciones en materia de plásticos establecidas por autoridades estatales, se prevé la presentación de planes de manejo específicos para productos bioplásticos compostables, principalmente en la Ciudad de México (a 2025, se cuentan 16 planes autorizados y vigentes).
NOM-004-Semarnat-2002	2003	Nacional. Establece los límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos.	Es obligatoria para generadores de lodos y biosólidos municipales e industriales, por lo que puede aplicarse en conjunto con la NMX-AA-180-SCFI-2018. Aunque no regula de forma expresa el tema de los bioplásticos, puede implementarse cuando estos residuos se integran en la fracción orgánica sometida a compostaje. Si un bioplástico se degrada junto con los residuos orgánicos y genera biosólidos, éstos deben cumplir con esta norma para su aprovechamiento en suelos.
NOM-083-Semarnat-2003	2004	Nacional. Establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de RSU y RME.	Establece las especificaciones de protección ambiental para la selección y clausura de sitios de disposición final para los RSU y RME. Asimismo, promueve el tratamiento previo para la fracción de orgánicos como el compostaje. Esta norma no regula el compostaje de residuos de bioplásticos como tal, pero sí lo reconoce como una práctica previa, deseable y parte del manejo integral de residuos orgánicos.
NMX-AA-022-1985	1985	Nacional. Establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los residuos sólidos.	El listado de los subproductos contenido en esta norma debe actualizarse para incluir las fracciones vigentes, y poder aplicarse para la correcta cuantificación de corrientes de residuos plásticos y bioplásticos.

Instrumento	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación y descripción general	Incidencia en los bioplásticos
NMX-AA-061-1985	1985	Nacional. Establece la selección y el método para la determinación de la generación de residuos sólidos.	Establece el método para determinar, a partir de un muestreo estadístico, la generación de residuos sólidos. Esta norma se aplica en conjunto con la NMX-AA-022, y su listado de subproductos incluye plásticos, por lo que podría comprender bioplásticos.
NMX-AA-180-SCFI-2018	2018	Nacional. Establece los métodos y procedimientos técnicos para el compostaje y lombricompostaje, la fracción orgánica de los RSU y RME.	Establece la clasificación de calidad para compostas y lombricompostas. No es obligatoria, pero puede aplicarse al compostaje tanto a escala municipal como industrial en México. Esta norma debe actualizarse para incluir las fracciones vigentes y aplicarse para la incorporación de los bioplásticos.
Estándares aplicables a bioplásticos			
NMX-E-260-CNCP-2014	2015	Nacional, de carácter voluntario. Define terminología de materiales bioplásticos.	Establece la terminología oficial que debe emplearse en México para describir estos materiales en tres categorías: biobasado-biodegradable, biobasado-no biodegradable y derivado de fuentes fósiles pero biodegradable.
NMX-E-232-CNCP-2011	2015	Nacional. Industria del plástico. Establece símbolos de identificación de plásticos.	Establece y describe los símbolos de identificación que deben portar los productos fabricados con plástico. Esta norma debe actualizarse para incluir los bioplásticos, porque en la actualidad se utiliza el número 7 (otros) para clasificarlos.  Abreviatura del material u OTROS
NMX-E-267-CNCP-2016	2017	Industria del plástico, plásticos biobasados y métodos de prueba.	Establece dos métodos de prueba para determinar el contenido de origen biológico en resinas y productos plásticos fabricados, comercializados o distribuidos en México.

Instrumento	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación y descripción general	Incidencia en los bioplásticos
			Este estándar sustenta declaraciones ambientales o ecoetiquetas para verificar si el producto biobasado cumple con los criterios establecidos. Se alinea con normas como la NMX-E-260-CNCP-2014 (terminología) y la NMX-E-273-NYCE-2019 (compostabilidad).
NMX-E-273-NYCE-2019	2020	Industria del plástico; plásticos compostables, y especificaciones y métodos de prueba.	Establece los requisitos que los productos y materiales plásticos deben cumplir para considerarlos compostables, a fin de garantizar que se biodegraden en menos de seis meses y poder certificar los productos bioplásticos. Este estándar define cuatro criterios: biodegradación, desintegración física, ausencia de efectos negativos en el proceso de compostaje y calidad de la composta final. Se basa en la ISO 17088:2021, y hace referencia a la NMX-E-260-CNCP-2014, NOM-004-Semarnat-2002, ASTM D6400, EN 13432 e ISO 14855.
NMX-E-060-NYCE-2020	2020	Industria del plástico y terminología asociada	Establece los términos relacionados con los plásticos y criterios para unificar la terminología. Esta norma modifica y adapta la ISO 472:2013 (<i>Plastics-Vocabulary</i>) al contexto mexicano. Sirve como referencia terminológica para normas como la NMX-E-273 (plásticos compostables) o la NMX-E-267 (contenido biobasado).

Fuente: Elaboración propia con diversas fuentes oficiales: SEMARNAT (1985a, 1985b, 2002, 2003, 2011, 2013), y Secretaría de Economía (2018).

Como se ha mencionado anteriormente, algunos estándares mexicanos toman como referencia especificaciones técnicas de normas internacionales. En el cuadro 8 se detallan los principales estándares internacionales aplicables.

Normas como EN 13432, ISO 17088 y ASTM D6400 constituyen referentes clave para certificaciones como OK compost, BPI y NYCE. Por su parte, las normas NFT51-800, AS 5810 y AS 4736 permiten validar la compostabilidad tanto en condiciones domésticas como industriales específicas. Asimismo, la ISO 472 y normas terminológicas como la NMX-E-060-NYCE-2020 contribuyen a la homologación de definiciones técnicas utilizadas para catalogar e identificar

plásticos y bioplásticos. Por último, normas como la ASTM D5511 y D5526 complementan la evaluación de biodegradabilidad en sistemas anaeróbicos (por ejemplo, biodigestores) y aeróbicos (rellenos sanitarios, entre otros).

Cuadro 8. Estándares y certificaciones internacionales referentes en el marco reglamentario de México

Estándares y referencias internacionales relevantes		
Título y año de publicación	Descripción general y enfoque	Aplicadas en estándares en México
EPA 796.3200-1995	Capacidad de una sustancia para biodegradarse en condiciones aeróbicas <i>Evaluación de biodegradación aeróbica (Estados Unidos)</i>	X
EN 13432 -2002	Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. Programa de ensayo y criterios de evaluación para la aceptación final del envase o embalaje. <i>Compostabilidad de envases y embalajes (Europa)</i>	X
AS 4736-2006	Plástico biodegradable. Plásticos biodegradables aptos para compostaje y otros tratamientos microbianos. <i>Compostabilidad industrial (Australia)</i>	X
AS 5810:2010	Estándar australiano que establece los requisitos para que un plástico sea considerado compostable en condiciones domésticas. <i>Compostabilidad doméstica (Australia)</i>	
ISO 472 -2013	Terminología general sobre plásticos.	X
NFT51-800 – 2015	Estándar francés que establece los requisitos para que los plásticos se consideren compostables en condiciones domésticas. <i>Compostabilidad doméstica (Francia)</i>	
ISO 14855-2019.	Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final de los materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas. Método por análisis del dióxido de carbono desprendido. <i>Biodegradación aeróbica en compostaje controlado (CO₂)</i>	X
ISO-17088-2021	Especificaciones generales para plásticos compostables.	X
ISO16929 -2021	Evalúa la desintegración física de materiales plásticos bajo condiciones controladas de compostaje industrial. <i>Compostaje industrial</i>	
ASTM-D6400-2021	Especificaciones para el etiquetado de plásticos diseñados para compostarse en medios aeróbicos en instalaciones municipales o industriales.	X

Estándares y referencias internacionales relevantes		
Título y año de publicación	Descripción general y enfoque	Aplicadas en estándares en México
	<i>Compostabilidad industrial (Estados Unidos) – Etiquetado ambiental</i>	
ASTM D5511-2018	Método de prueba estándar para determinar la biodegradación anaeróbica de materiales plásticos en condiciones de digestión anaeróbica con alto contenido de sólidos. <i>Biodegradación anaeróbica en digestión</i>	
ASTM D6866-12	Método de prueba estándar utilizado para determinar el contenido de origen biológico (biobasado) en muestras sólidas, líquidas y gaseosas, utilizando análisis de radiocarbono.	
ASTM D5338-15 (2021)	Método de prueba estándar para determinar la biodegradación aeróbica de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas. <i>Biodegradación aeróbica en compostaje controlado</i>	
ASTM D5526-18	Método de prueba estándar para determinar la biodegradación anaeróbica de materiales plásticos en condiciones aceleradas de vertedero. <i>Biodegradación anaeróbica en condiciones simuladas de relleno sanitario</i>	

Fuente: Elaboración propia, con base en los estándares internacionales de la tabla.

En el ámbito estatal, 30 de las 32 entidades de México han instrumentado reglamentaciones que prohíben o restringen el uso de plásticos de un solo uso. Como parte de estas medidas, se fomenta la utilización de materiales biodegradables y bioplásticos como alternativas sustentables a los plásticos convencionales.

En la mayoría de las disposiciones reglamentarias estatales no se establece un manejo específico para los bioplásticos, sino que se les considera principalmente como sustitutos de productos plásticos. Las acciones se centran en promover el desarrollo y uso preferente de productos elaborados con materiales compostables, biodegradables o fibras naturales, en consonancia con los principios de economía circular. Este enfoque resulta particularmente visible en entidades con leyes exclusivas de economía circular, como Querétaro, Quintana Roo y Baja California.

Se identifican doce entidades federativas (Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Colima, Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Morelos, San Luis Potosí, Tamaulipas y Yucatán) que han adoptado medidas adicionales orientadas a fomentar la producción, investigación e innovación (ID) de materiales sustentables, así como incentivos para que la industria y el comercio adopten su uso. En el caso de Sonora se destacan incentivos dirigidos a la adopción de estos materiales.

Asimismo, en cinco estados (Baja California Sur, Ciudad de México, Jalisco, Nuevo León y Zacatecas) se han emitido normas ambientales o ecológicas para regular las prohibiciones de plásticos posconsumo. Estas normas establecen directrices para la comercialización de productos compostables y especificaciones para aquellos considerados necesarios por motivos de higiene, siendo, en su mayoría, bioplásticos compostables.

En el marco de estas normas ambientales también se han definido criterios para la obtención de registros, distintivos o certificaciones locales para productos compostables. La mayoría de las certificaciones o evaluaciones a cargo de laboratorios acreditados hacen referencia a estándares internacionales.

En cuanto al manejo diferenciado para asegurar la valorización de estos materiales, únicamente la norma ambiental de la Ciudad de México lo aborda desde un punto de vista técnico. En la mayoría de los instrumentos estatales en materia de residuos, medio ambiente o economía circular, el compostaje se menciona o se aborda sólo como parte de las actividades de manejo integral que corresponde a los ayuntamientos, sin detallar aspectos técnicos concretos.

Cuadro 9. Características generales de la reglamentación ambiental a escala estatal con incidencia en los bioplásticos en México

Entidad	Instrumento	Apoyos, restricciones o condiciones para los plásticos de un solo uso con incidencia en los bioplásticos	Iniciativas para la recuperación o el aprovechamiento de bioplásticos
Aguascalientes	- Ley de Protección Ambiental - Reglamento de Protección al Medio Ambiente y Manejo de Áreas Verdes del municipio de Aguascalientes	Promueve la sustitución por productos biodegradables, compostables o reutilizables , en consonancia con criterios de sustentabilidad en el marco de la iniciativa “Desplastifcate”.	No se especifica un manejo diferenciado para estos residuos. El reglamento establece que se deberán separar en la fuente los residuos y que los ayuntamientos proporcionarán la infraestructura necesaria para llevar a cabo un adecuado compostaje a partir de los residuos sólidos urbanos orgánicos recolectados.
Baja California	- Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California - Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular	Establece la eliminación gradual y la implementación de medidas de transición como el fomento al uso de materiales reciclados y biodegradables.	No se menciona de forma específica un manejo diferenciado para los bioplásticos.

Entidad	Instrumento	Apoyos, restricciones o condiciones para los plásticos de un solo uso con incidencia en los bioplásticos	Iniciativas para la recuperación o el aprovechamiento de bioplásticos
			En ambas leyes se establece la separación de residuos en al menos tres categorías; RSU (incluidos los residuos plásticos), RME y RP. Se reconoce el compostaje como forma de aprovechamiento, lo que implica la necesidad de separar los residuos orgánicos.
Baja California Sur	- Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente - Norma Técnica Ecológica NTE- 001-SETUES-2018	Promueve la reutilización, el reciclaje y la sustitución de productos plásticos por alternativas reutilizables y compostables siempre que cumplan con las especificaciones técnicas correspondientes y estén debidamente certificados. Se fomenta el uso de materias primas renovables y reciclables.	En ninguno de dichos instrumentos se regula el manejo de bioplásticos; sólo se consideran como sustitutos de productos plásticos, y se prevé su integración en los esquemas de manejo integral de residuos por los ayuntamientos.
Campeche	Ley para La Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Peligrosos	Promueve el uso de materiales biodegradables como sustitutos. La campaña “Campeche sin plásticos” ha impulsado la transición hacia materiales alternativos, incluidos los compostables, siempre que estén certificados conforme a la NMX-E-273.	No especifica directamente un manejo diferenciado para estos residuos.
Coahuila	- Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente del Estado - Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos	Prevé un programa de sustitución y alternativas viables para reemplazar productos plásticos por productos biodegradables, compostables o de pronta desintegración.	No especifica directamente una clasificación o manejo diferenciado para estos residuos.
Colima	Ley de Residuos Sólidos	Permite el uso de alternativas sustentables, como productos biodegradables o compostables , refiriéndose estos últimos a los materiales que, al desecharse, se convierten en composta o abono.	No especifica directamente una clasificación o manejo diferenciado para bioplásticos.

Entidad	Instrumento	Apoyos, restricciones o condiciones para los plásticos de un solo uso con incidencia en los bioplásticos	Iniciativas para la recuperación o el aprovechamiento de bioplásticos
			La ley enuncia que los criterios técnicos para la producción de composta se establecen en su reglamento.
Chiapas	Ley de Residuos Sólidos y su reglamento	Promueve el uso de recipientes biodegradables o de materiales retornables y reusables, para servir o entregar alimentos comercializados. Se incorporan conceptos de plásticos de un solo uso y de materiales biodegradables.	No especifica directamente una clasificación o manejo diferenciado para bioplásticos, pero sí para residuos compostables (residuos de alimentos, parques y jardines, instalaciones agropecuarias y otros biodegradables). El reglamento establece la separación primaria de residuos en tres fracciones: reciclables, compostables y no reciclables. En cuanto a los centros de compostaje, se establece un listado de residuos orgánicos y compostables.

Entidad	Instrumento	Apoyos, restricciones o condiciones para los plásticos de un solo uso con incidencia en los bioplásticos	Iniciativas para la recuperación o el aprovechamiento de bioplásticos
Chihuahua	- Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente - Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Impulsa la implementación de iniciativas educativas encaminadas a fomentar el uso de alternativas sustentables, con énfasis en la utilización de bolsas biodegradables y compostables .	Aunque la ley no menciona directamente los “bioplásticos”, sí permite el uso de productos biodegradables o compostables. Se menciona el compostaje como parte de las actividades de manejo integral, sin detallar aspectos técnicos concretos.
Ciudad de México	1. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal 2. Ley de Economía Circular 3. Norma ambiental técnica NACDMX-010-AMBT-2019 4. Norma ambiental NADF-024	1. Prohibición de plásticos de un solo uso con especial atención en desechables. 2. Se establecen principios y lineamientos que inciden en bioplásticos. 3. En la norma ambiental se establecen: especificaciones técnicas para bolsas y productos bioplásticos-compostables; requisitos de certificación y registro ante la autoridad; obligatoriedad del uso del logotipo “compostable” de CDMX, y criterios para planes de manejo de estos residuos.	La norma ambiental 010 establece que los bioplásticos compostables, como las bolsas, deben usarse sólo para residuos orgánicos. Su manejo requiere trazabilidad y separación y manejo diferenciado en la fuente para poder compostarse correctamente. La Guía de Plásticos Compostables publicada en CDMX establece que éstos deben cumplir normas como ASTM D6400, EN 13432 o la NMX-E-273-NYCE-2019, en concordancia con la Norma Ambiental NACDMX-010-AMBT-2019. Asimismo, esta norma guarda concordancia con la NADF-024 para la identificación y separación de residuos inorgánicos y con potencial de reciclaje.

Entidad	Instrumento	Apoyos, restricciones o condiciones para los plásticos de un solo uso con incidencia en los bioplásticos	Iniciativas para la recuperación o el aprovechamiento de bioplásticos
Durango	Ley de Gestión Ambiental Sustentable Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su reglamento	Promueve la sustitución de productos de polietileno por materiales biodegradables, oxobiodegradables o compostables .	Aunque no menciona en forma expresa los “bioplásticos”, la ley establece la recolección selectiva como sistema obligatorio para separar residuos orgánicos y reciclables.
Guanajuato	Ley para la Gestión Integral de Residuos	No prevé prohibiciones o restricciones en materia de plásticos.	No contiene información relacionada con bioplásticos.
Guerrero	- Ley de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos 593 - Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 878	Promueve productos reutilizables, reciclables o biodegradables.	La Ley 593 no menciona de forma explícita los bioplásticos como categoría diferenciada, pero señala la composta como parte del manejo integral, lo que permite que materiales compostables como ciertos bioplásticos puedan someterse a un manejo adecuado si se integran en los planes correspondientes.
Hidalgo	- Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos - Ley para la Protección al Ambiente	Promueve iniciativas de investigación y desarrollo (ID) de materiales reutilizables y alternativas a los plásticos de un solo uso descartables.	No se hace mención de los bioplásticos.
Jalisco	- Ley de Gestión Integral de los Residuos - Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente - Norma técnica ambiental estatal NAE-Semadet-010-2019	Favorece la transición a tecnologías que utilicen material biodegradable, compostable o reciclado de empresas productoras de plásticos. Se exige que los productos compostables cumplan con normas como ASTM D6400, EN 13432 o NMX-E-273-NYCE-2019, y que estén etiquetados como compostables.	Se considera un manejo diferenciado para materiales compostables —como los bioplásticos— certificados en la norma técnica ambiental.

Entidad	Instrumento	Apoyos, restricciones o condiciones para los plásticos de un solo uso con incidencia en los bioplásticos	Iniciativas para la recuperación o el aprovechamiento de bioplásticos
		La Norma Ambiental Estatal 010/2019 establece criterios para bolsas y popotes compostables, y detalla requisitos relativos a etiquetado, composición y certificación.	
Estado de México	Código para la Biodiversidad	Promueve los productos compostables, reciclables o reutilizables como alternativas a los plásticos de un solo uso.	El Código no detalla un sistema de recolección diferenciada; establece, en cambio, que los productos compostables no deben considerarse de un solo uso si cumplen con criterios de valorización o compostabilidad. No se han publicado lineamientos técnicos para regular esta prohibición recién emitida.
Michoacán	Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Ley para la Conservación y Sustentabilidad Ambiental	Promueve la sustitución por materiales biodegradables, compostables o reutilizables.	No se mencionan los bioplásticos y no se define un manejo diferenciado.
Morelos	Ley de Residuos Sólidos y de Economía Circular	Impulsa acciones tendientes a la sustitución y aportación de alternativas viables para reemplazar los plásticos de un solo uso por materiales degradables o biodegradables que sean compostables.	Sin mención.
Nayarit	Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	Exige la sustitución por materiales biodegradables o compostables . Se mencionan criterios y normas de producción sustentable dirigidos a favorecer la producción sustentable de materiales compostables.	Sin mención.

Entidad	Instrumento	Apoyos, restricciones o condiciones para los plásticos de un solo uso con incidencia en los bioplásticos	Iniciativas para la recuperación o el aprovechamiento de bioplásticos
Nuevo León	- Ley Ambiental - Norma Ambiental Estatal NAE-SDS-005-2019	Fomenta el uso de materiales reutilizables o compostables. La norma ambiental contiene referencias específicas a los bioplásticos. Reconoce que estos materiales pueden o no ser biodegradables , lo que implica que no todos los bioplásticos cumplen con criterios de compostabilidad.	La norma ambiental aborda aspectos generales para el manejo diferenciado de bioplásticos, aunque de forma indirecta y limitada, mencionando que se tendrá que presentar cualquier documentación que ampare el contenido de origen biológico correspondiente de los materiales o productos terminados (bolsas) a lo largo de toda la cadena de producción y consumo,
Oaxaca	- Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente - Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos	Prohibiciones de plásticos, en particular PET. No se incluye una definición técnica de bioplásticos, ni se diferencian los materiales compostables o biodegradables.	Sin mención.
Puebla	Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial	Promueve el uso de bolsas de tela, papel o bioplástico .	No especifica un manejo diferenciado de estos materiales.
Querétaro	Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos	Promueve el uso de productos con bajo potencial de contaminación y bajo desperdicio , entre los que se incluyen los empaques reutilizables y compostables.	No menciona un manejo diferenciado para esta corriente de residuos. Sin embargo, se reconoce la posibilidad de reincorporar materiales a procesos productivos o a la naturaleza,
Quintana Roo	- Ley de Acción de Cambio Climático - Ley del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	Prohibiciones de plásticos. No se promueven materiales compostables o reutilizables como sustitutos viables.	No se menciona un manejo diferenciado para estos materiales.

Entidad	Instrumento	Apoyos, restricciones o condiciones para los plásticos de un solo uso con incidencia en los bioplásticos	Iniciativas para la recuperación o el aprovechamiento de bioplásticos
	- Ley Para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos (comprende el Reglamento en Materia de Responsabilidad Extendida)		
San Luis Potosí	Ley Ambiental	Exige que los productos alternativos sean biodegradables, compostables o reciclados posconsumo, con al menos 80% de contenido respetuoso del medio ambiente.	No se menciona un manejo diferenciado para estos materiales.
Sinaloa	Ley de Residuos	Establece que los productos biodegradables deben estar certificados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Se exige que al menos 90% de los materiales biodegradables sean trazables y cuenten con validación técnica.	No menciona un manejo diferenciado para estos materiales, aunque se promueve el manejo integral de los residuos, a saber: separación, reciclaje, compostaje y valorización energética.
Sonora	Ley que Regula la Producción, Manejo y Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Productos Plásticos de un Solo Uso	Fomenta la creación de incentivos fiscales para industrias que transformen sus productos en opciones más respetuosas del medio ambiente.	No se menciona de manera expresa un manejo diferenciado para estos residuos. Sin embargo, la ley prevé un programa de manejo de plásticos de un solo uso, así como el manejo y la disposición de plásticos biodegradables.
Tabasco	Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	Promueve el uso de alternativas más sustentables, como bolsas y popotes biodegradables, compostables, reutilizables o reciclables, conforme a la norma ambiental NAETAB-001-SBSCC-2020 . No se dispone de un documento oficial al respecto.	No se menciona un manejo diferenciado en ninguno de los instrumentos que abordan estos residuos.
Tamaulipas	Código para el Desarrollo Sustentable	Promueve el uso de productos biodegradables, reutilizables o ecológicos.	No se menciona un manejo diferenciado para este residuo.
Tlaxcala	Ley de Residuos	No se prevén prohibiciones o restricciones.	Sin mención.

Entidad	Instrumento	Apoyos, restricciones o condiciones para los plásticos de un solo uso con incidencia en los bioplásticos	Iniciativas para la recuperación o el aprovechamiento de bioplásticos
Veracruz	Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial	Busca impulsar la transición paulatina a la utilización de materiales biodegradables.	No se menciona un manejo diferenciado para estos residuos.
Yucatán	Ley para la Gestión Integral de los Residuos	Fomenta la utilización de materias primas provenientes de recursos naturales renovables y reciclables.	No se menciona un manejo diferenciado para estos residuos. Sin embargo, se prevé un plan de manejo para la gestión de los residuos plásticos y campañas de concientización ciudadana.
Zacatecas	- Ley de Residuos Sólidos - Norma Técnica Ecológica Municipal NTEM-002-ZAC19	Permite el uso de contenedores biodegradables, compostables u oxobiodegradables.	No menciona un manejo diferenciado para estos residuos.

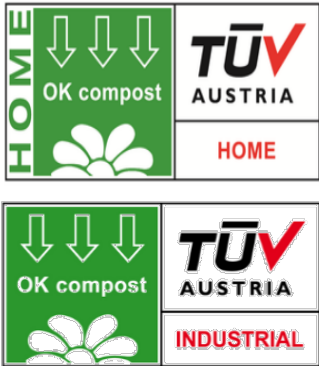
Fuente: Elaboración propia con base en la legislación y normatividad ambiental y de gestión de residuos vigente al año 2025 en las 32 entidades federativas de México, consultada en los respectivos DOF y/o POE, incluyendo leyes estatales de equilibrio ecológico, gestión integral de residuos, economía circular y cambio climático, así como normas técnicas ambientales locales, y disposiciones municipales aplicables, en conjunto con información de Flores, A. et al. (2024).

Los estándares y certificaciones ambientales internacionales y nacionales aplicables a bioplásticos (compostables, biodegradables y biobasados) se detallan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Certificaciones o referencias para productos o materiales bioplásticos

Instrumento	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación y descripción general	Aplicación en bioplásticos
De alcance internacional			
1. ISO 14020: Términos y requisitos generales	1. 2022	Internacionales, voluntarias	Se aplican para etiquetas de diversos productos con énfasis en criterios ambientales.
2. ISO 14021: Autodeclaración	2. 2016		
3. ISO 14024: Ecoetiqueta	3. 2018		
4. ISO 14025: Declaraciones ambientales para productos	4. 2006		

Instrumento	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación y descripción general	Aplicación en bioplásticos
DIN CERTCO 	2000	Internacional, alemana, basada en la norma EN 13232, para evaluar materiales y productos en condiciones domésticas e industriales.	Esta certificación valida: - materiales compostables como: PLA, PBAT, almidón, termoplásticos y celulosa - materiales de origen biológico: biopolímeros con contenido renovable igual o superior a 20% - productos certificados: bolsas compostables (uso industrial y doméstico) - recubrimientos compostables para papel o cartón - películas agrícolas biodegradables
STA Certified Compost 	2000	Internacional de Estados Unidos.	Esquema de certificación de Estados Unidos para garantizar la calidad técnica de la composta, un referente para productores, compradores y reguladores.
Biodegradable Products Institute (BPI) 	2002	Internacional Estados Unidos, basada en las normas ASTM D6400 o D6868, para verificar productos en condiciones industriales.	Verifica que productos etiquetados como compostables realmente se descomponen de forma segura y completa en instalaciones de compostaje industrial. Materiales certificados: PLA, PBAT y PBAS, fibra moldeada, recubrimientos compostables y almidón termoplástico.

Instrumento	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación y descripción general	Aplicación en bioplásticos
BioPreferred® del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (<i>United States Department of Agriculture, USDA</i>) 	2002	Internacional de Estados Unidos, basada en las normas ASTM D6866 e ISO 17025. El programa se aplica tanto a productos fabricados en Estados Unidos como a importados.	Concebido para promover el uso de productos elaborados con materias primas renovables como plantas, aceites vegetales, celulosa o algas. - El USDA verifica los resultados y emite el certificado con el porcentaje de contenido biobasado; para empaques: ≥45%
Certificaciones OK compost (TÜV) (Austria)  	2003	Internacional europea, para validar productos compostables en condiciones domésticas e industriales. Se basa en la norma EN 13432.	Referentes internacionales para validar la compostabilidad de productos —en su mayoría PLA y PBAT— en distintos entornos. Ok compost industrial: 55-60 °C, hasta seis meses. Ok compost HOME: 20-30 °C, hasta doce meses.
Asociación Japonesa de Bioplásticos 	2007	Internacional japonesa, se basa en los estándares ISO 14885-1, ISO16929, AS 5810:2010, NFT51-800 y ASTM D5511.	Evalúa y certifica productos que cumplen con criterios de: • biodegradabilidad: PLA, PBAT y almidón modificado • origen en biomasa (vegetal): bio-PE, bio-PET, bio-PA • combinados: PLA+PBAT
Certificación C-Label Compostable	2021	Internacional, basada en normas internacionales como ASTM D6400 y ASTM D6868.	Opción emergente que valida la compostabilidad de productos tanto industriales como domésticos.

Instrumento	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación y descripción general	Aplicación en bioplásticos
			Es especialmente relevante para productos exportados a mercados que reconocen la norma ASTM como base técnica.
Nacionales			
Certificado Industria Limpia 	1992	Nacional. Gobierno de México a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).	Se reconoce el desempeño ambiental de una industria en función de las actividades desarrolladas.
Sello y evaluación de compostabilidad	2019	Nacional. Se evalúan y certifican productos por Laboratorios NYCE.	Se otorga conforme a la norma NMX-E-273-NYCE-2019, que establece especificaciones y métodos de prueba para plásticos compostables. Valida que un producto plástico puede descomponerse de forma segura en condiciones de compostaje industrial.
Sello de compostables 	2019	Estatad, otorgado por autoridades de la CDMX, está vinculado al cumplimiento de la Norma Ambiental NACDMX-010-AMBT-2019 y NMX-E-273-NYCE-2019 , así como de la ISO 17088:2012 .	Este sello puede colocarse en bolsas, empaques, etiquetas o fichas técnicas, y puede usarse sólo si la Secretaría del Medio Ambiente (Sedema) de la Ciudad de México ha evaluado y aprobado el producto, tras someterlo a pruebas de laboratorio y trazabilidad del manejo de residuos.

Instrumento	Fecha de publicación	Ámbito de aplicación y descripción general	Aplicación en bioplásticos
Sello de certificación de biodegradabilidad 	2025	Nacional, otorgado por Normex. Esta certificación se basa en la NMX-E-273-NYCE-2019 y otras normas de la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA). Aún no se dispone de información detallada en su página oficial.	Permite validar que un producto o material se descompone de forma segura y eficiente bajo condiciones específicas, como compostaje o contacto con suelo.

Fuente: Elaboración propia con los datos de las normas de la tabla.

El establecimiento de certificaciones ambientales ha sido determinante para garantizar la calidad, trazabilidad y sustentabilidad de productos elaborados a partir de materiales biodegradables, compostables o de origen biológico, ya que permiten validar el desempeño ambiental en distintas etapas del ciclo de vida del producto, bajo esquemas de adopción voluntaria y el reconocimiento en la esfera internacional.

En nivel internacional se identifica que las normas ISO se pueden aplicar a productos plásticos sustentables como base para declaraciones ambientales o sellos ecológicos, que también pueden aplicarse a bioplásticos. Existen otras certificaciones que permiten la trazabilidad y diferenciación técnica, desde el origen renovable biobasado de los productos, hasta su comportamiento en el compostaje industrial o doméstico, como: DIN CERTCO, BPI, USDA BioPreferred®, OK compost INDUSTRIAL / HOME, Asociación Japonesa de Bioplásticos, C-Label Compostable y STA Certified Compost.

Las tres certificaciones mexicanas aplicables para bioplásticos que considera la NMX-E-273-NYCE-2019, así como los métodos y evaluaciones previstos por las certificaciones y estándares internacionales (véase el cuadro 8), sirven de base a las disposiciones reglamentarias estatales para plásticos compostables, especialmente en CDMX.

Estas certificaciones se relacionan con las siguientes normas determinantes:

- NMX-E-273-NYCE-2019 (compostabilidad)
- NMX-E-267-CNCP-2016 (contenido biobasado)
- NMX-AA-180-SCFI-2018 (calidad de composta), en conjunto con la NOM-004-Semarnat-2002 (control de contaminantes en biosólidos)

7. Identificación de mejores prácticas aplicables en el contexto de México

En este apartado se describen buenas prácticas aplicables a cada etapa del ciclo de vida de un producto, diseñadas tanto para mejorar la relación entre la producción y sus beneficios económicos y sociales como para mitigar los efectos en el medio ambiente.

Respecto a la cadena de valor de los bioplásticos, para la implementación de mejores prácticas, se consideran aquellas susceptibles de adoptarse en las etapas de obtención y suministro de materias primas y producción, pues es ahí donde se obtienen los mayores beneficios; en la etapa de manejo, por el contrario, éstos se pierden como resultado de la forma en la que los residuos de bioplásticos se recuperan, manejan, tratan, valorizan o eliminan.

Las prácticas sugeridas por la CCA en su estudio sobre plásticos resultan de enorme conveniencia si se busca optimizar las operaciones, reducir las pérdidas y aumentar el control de los recursos humanos, materiales y económicos. De igual modo, pueden aplicarse a la industria de biomateriales, aunque con consideraciones particulares por cuanto al almacenamiento de las materias primas, por la tendencia de estos materiales a degradarse en condiciones subóptimas de humedad y temperatura, que contribuyen a acelerar o frenar su proceso natural.

El cuadro 11 ilustra las mejores prácticas aplicables en las etapas de obtención y suministro de materias primas y producción de bioplásticos.

Cuadro 11. Mejores prácticas en la gestión de materias primas y en los procesos de fabricación de bioplásticos

Actividad	Descripción	Resultado
Sistema de aseguramiento de la calidad	Suma de las disposiciones organizadas y documentadas que garantizan la calidad de los materiales y objetos importados, a efecto de cumplir con la funcionalidad de los bioplásticos.	Los requisitos para el bioplástico destinado a aplicaciones en contacto con alimentos resultan igualmente rigurosos que para los plásticos, con la finalidad de garantizar la seguridad y calidad adecuadas. Debido a su condición biodegradable, el proceso se detona por malas condiciones de humedad, temperatura y almacenamiento.

Actividad	Descripción	Resultado
Documentación	Por tratarse de materiales importados, la correcta documentación reviste fundamental importancia. Es conveniente contar con un expediente completo del fabricante del bioplástico en cuestión, para revisión por las autoridades competentes. Se recomienda un periodo de custodia mínimo de dos años, ya que coincide con la vigencia habitual de los certificados de compostabilidad en México.	Carpetas con la información indicada por la norma y las pruebas de laboratorio correspondientes.
Etiquetado	El etiquetado ayuda a los usuarios a dar un uso correcto a los materiales y objetos. Aunque los métodos pueden variar, el contenido de la información no es el único aspecto a considerar: debe tomarse en cuenta el material del que está hecho el producto. Las tintas y pegamentos son, asimismo, elementos a registrar cuando impactan directamente en la reciclabilidad del producto.	Documentación que compila los cambios efectuados en el etiquetado, los materiales y, de manera prioritaria, en las tapas y etiquetas elaboradas del mismo material que el envase. Cuando se utilicen tintas, se sugiere optar por aquellas a base de agua o libres de metales pesados.
Trazabilidad	Consiste en registrar información sobre el origen del biomaterial, su tiempo de almacenamiento y vida en anaquel, para que la parte compradora o importadora puedan comprobar la calidad y condiciones del producto.	La trazabilidad en la industria y el comercio de materiales biodegradables tiene como fin controlar la calidad del producto y la vida en anaquel, para disminuir a la población el riesgo de transferencia de microorganismos al producto final o por el cambio en la funcionalidad del bioplástico.

Fuente: Elaboración propia.

Las buenas prácticas deben aplicarse tomando en cuenta el tamaño de la industria y sus condiciones financieras, tecnológicas y de personal, de manera que el negocio sea rentable. Por ejemplo, ha de considerarse que la materia prima empleada en la fabricación de biopolímeros —lo mismo si proviene de residuos agroindustriales que de cultivos de biomasa— exige condiciones ambientales controladas, necesarias para preparar y extraer los almidones o compuestos con que se fabrican los biopolímeros. Cabe poner énfasis en que se trata de prácticas aplicables a actividades productivas formales —no a las informales—, como las de los recuperadores de base o similares.

En México, la principal fuente de biomasa para fabricar bioplásticos son los residuos agroindustriales, como los de bagazo de agave o caña de azúcar, almidón, nopal, componentes lignocelulósicos, cáscara de arroz, sorgo, cebada, semillas de aguacate, mango, fibra de guayule y algas, entre otros.

En la adopción de prácticas óptimas es importante considerar el origen de la materia prima para producir biopolímeros, ya que se deben utilizar recursos no alimenticios y reducir la huella ecológica por el uso intensivo de suelo, agua y energía, así como asegurar una fuente siempre disponible en cantidad y calidad.

Cuando la fuente de biomasa es abundante sólo por temporadas —como en el caso del bagazo de caña y agave o el sargazo—, se debe asegurar un almacenamiento adecuado a lo largo del año para que la comercialización de bioplásticos pueda darse de manera regular.

Desde una perspectiva ambiental, las mejores prácticas aplicadas a las etapas de obtención y suministro de materia prima y producción se describen enseguida:

Cuadro 12. Mejores prácticas ambientales en las etapas de obtención y suministro de materia prima y producción

Actividad	Descripción
Uso de materias primas	Es importante disminuir las pérdidas de pellets en el manejo de materias primas para reducir la presencia de estos materiales en el medio ambiente. El origen de la biomasa y su preparación definen la utilidad del bioplástico. México tiene —en su volumen de residuos agroindustriales— grandes cantidades de materia prima biodegradable y compostable para producir bioplásticos. La segunda fuente de biomasa está en el cultivo ex profeso para dicho fin, donde lo más importante a considerar es evaluar la no competencia en la producción de alimentos.
Reciclaje	Si bien es cierto que el reciclaje de bioplásticos es conveniente bajo criterios de economía circular, es complicado lograrlo por medios mecánicos, ya que sus puntos de fusión son distintos a los de los plásticos convencionales. Hasta ahora, sustituir la materia prima y acelerar el tiempo de degradación de los materiales son un propósito en ciernes para la política pública, dirigida hacia la adopción de cambios en las materias primas o la sustitución por productos biobasados, en aras de afectar lo menos posible al medio ambiente.
Eficiencia energética	Utilizar tanto tecnologías y maquinaria que consuman menos energía, como fuentes renovables, como la solar o la eólica.
Reducción en el consumo de agua	Mediante el tratamiento y reúso del agua, es posible reducir su consumo en la producción de biomasa durante el proceso. Lo mismo puede hacerse en el reciclaje mecánico, o cuando el material se separa del papel para vasos o envases recubiertos. En la producción de biomasa a partir de cultivos específicos, el ahorro en el tiempo de degradación se consigue utilizando métodos de riego tecnificados, como goteo, aspersión, microaspersión y exudación, entre otros.

Actividad	Descripción
Control de emisiones	En México se consumen los bioplásticos en forma de bolsas de acarreo, vasos o contenedores, o pellets, laminados de fibras naturales de caña de azúcar o bambú utilizados en la fabricación de termoformados. El control de emisiones en una instalación donde se fabrican estos productos es posible mediante la implementación de sistemas de filtración y el tratamiento de gases para reducir las emisiones contaminantes durante la producción. En la producción de bioplásticos a partir de la recuperación de residuos agroindustriales resulta importante considerar el control de las emisiones generadas por los vehículos y el equipamiento empleados tanto en la producción como en la recuperación de biomasa.
Innovación en productos	El ecodiseño en la fabricación de productos constituye un pilar de la economía circular, al integrar criterios de funcionalidad que abarcan la selección de materiales, la posibilidad de desensamble, la reparabilidad y otros aspectos relevantes. En este sentido, el ecodiseño debe contemplar la fabricación monomaterial, particularmente efectiva en productos desechables que entran en contacto con alimentos, como vasos, contenedores tipo almeja y otros empaques. Sin embargo, cuando se utiliza como recubrimiento de vasos de papel, la separación del bioplástico o plástico resulta compleja y exige equipamiento similar al empleado en la industria papelera y de cartón para su separación y clasificación. En otras aplicaciones, la adopción de un enfoque monomaterial representa un desafío, ya que frecuentemente se requieren mezclas con otros plásticos o compuestos químicos para mejorar propiedades de desempeño, como la resistencia a la humedad o la reducción de la transferencia de oxígeno. Estos aspectos deben resolverse durante la etapa de diseño y desarrollo de nuevos productos. Finalmente, en industrias como la automotriz, donde los bioplásticos se emplean en componentes estructurales —por ejemplo, en elementos de absorción de impacto o en cajas de conexiones—, la separación de materiales al final de la vida útil resulta prácticamente inviable.
Monitoreo y mejoras continuas	La implementación de un sistema de monitoreo que permita evaluar el impacto ambiental y la eficiencia de los procesos, no sólo de producción sino también de manejo, reciclaje y valorización, resulta fundamental. Este monitoreo debe ser continuo y estar orientado a analizar el comportamiento del material en las condiciones reales de generación y gestión por parte de los sistemas de limpia de los ayuntamientos del país. La información obtenida facilita la identificación de áreas de mejora y la realización de ajustes en las prácticas, con el fin de optimizar el desempeño ambiental en cada etapa del ciclo de vida del material.

Fuente: Elaboración propia.

La estructura de la política nacional debe complementarse con otros instrumentos que fortalezcan y brinden certidumbre al sector privado respecto a las acciones y directrices en materia de plásticos, así como sobre su impacto en el medio ambiente y la salud pública.

Asimismo, es indispensable reconocer la necesidad de homologar la legislación local y nacional bajo una política pública unificada, así como de establecer instrumentos que garanticen el manejo adecuado de los residuos de bioplásticos. Estos instrumentos deben considerar las rutas ya identificadas, como la composta, el reciclaje mecánico e incluso el aprovechamiento térmico, y estar respaldados por la instrumentación adecuada de planes de manejo que puedan evolucionar hacia esquemas de responsabilidad extendida del productor.

8. Hallazgos y recomendaciones

Durante la elaboración de este estudio se identificaron hallazgos en cada etapa, apartado y sección, los cuales permiten detectar áreas de oportunidad y mejora en los distintos elementos que involucran tanto al sector público como al privado.

La identificación de estos hallazgos no tiene como propósito emitir juicios de valor ni calificaciones sobre los hechos encontrados; su objetivo es describir aquellos elementos que aportan información y conocimiento sobre las condiciones actuales del manejo y gestión de los residuos de bioplásticos en el país.

El presente apartado se organiza en torno a cada uno de los hallazgos identificados, seguidos de la(s) recomendación(es) correspondiente(s).

Hallazgo 1

En México, los bioplásticos se emplean principalmente en la fabricación de productos de un solo uso, destacando el sector de alimentos, seguido por el sector salud y, en los últimos años, por los sectores agrícola, automotor y textil. Sin embargo, en todos los casos se carece de mecanismos claros para su recuperación, manejo, reciclaje y valorización. Estos productos suelen introducirse como alternativas frente a las prohibiciones o restricciones de plásticos convencionales.

Recomendación 1

Fortalecer el marco jurídico para que se abarque el ciclo de vida completo de los bioplásticos fabricados en México, en especial cuando su materia prima provenga de cultivos. Esto es relevante, ya que la producción, importación y uso de bioplásticos es una actividad impulsada por la normativa, más que un enfoque de producción sustentable.

Recomendación 2

Enfocar la producción de bioplásticos en el aprovechamiento de residuos agroindustriales, de modo que se fomente el manejo y valorización de residuos de alto volumen, con lo cual se generarían, además, nuevas oportunidades económicas para el país.

Recomendación 3

Formular un marco jurídico —de alcance nacional o estatal—, que incentive la producción de bioplásticos a partir de residuos, otorgue certidumbre a las inversiones y favorezca el crecimiento de este mercado.

Recomendación 4

Diseñar e implementar instrumentos económicos específicos que impulsen la producción de mercancías a partir de residuos, fortaleciendo el mercado de bioplásticos, biometano y biomasa, al tiempo que contribuyen al manejo de residuos agroindustriales posconsumo.

Recomendación 5

Establecer un marco de política nacional que provea directrices para la disposición final de residuos, ampliando las opciones de reciclaje mecánico y valorización térmica, así como la comunicación clara de estas opciones.

Hallazgo 2

En México no existe infraestructura específica para el manejo de residuos de bioplásticos, los cuales terminan mezclados con los residuos sólidos urbanos y su manejo es a través de la infraestructura convencional disponible.

Recomendación 1

Si bien la separación entre residuos orgánicos e inorgánicos es un avance, no es suficiente para una economía circular. En el caso de los bioplásticos compostables, su recuperación junto con los residuos orgánicos representa una alternativa viable, que requiere campañas de comunicación y sensibilización para garantizar su adecuada implementación.

Recomendación 2

En vista de que el manejo mínimo de los residuos posconsumo de bioplásticos en México reside en el compostaje, debe impulsarse la construcción y operación de plantas industriales de compostaje y biodigestión para el tratamiento de residuos orgánicos, incluidos los bioplásticos. Esto debe complementarse con la promoción de la comercialización de la composta, como instrumento económico que incentive la creación de infraestructura condicionada a la recepción de bioplásticos.

Hallazgo 3

Los actores de la cadena de valor de los bioplásticos muestran poca motivación para invertir en instalaciones de recuperación, manejo y valorización de residuos posconsumo. La valorización mediante compostaje genera poco valor económico, lo que limita la preparación de planes de manejo y de un mercado secundario robusto.

Recomendación 1

Diseñar planes de manejo a escala nacional y estatal que contemplen incentivos económicos y precios competitivos para materiales recuperados, condición indispensable para viabilizar

el reciclaje e implementar los principios de responsabilidad extendida del productor y economía circular.

Hallazgo 4

El nivel de conocimiento de la población sobre bioplásticos es muy limitado, por lo que los residuos generados se manejan de la misma manera que los plásticos sin valor de mercado, lo que reduce su potencial de reciclaje material o térmico.

Recomendación 1

Promover campañas de información, en colaboración entre gobierno e iniciativa privada, sobre las propiedades, ventajas, desventajas, usos y manejo adecuado de los bioplásticos.

Recomendación 2

Implementar programas de capacitación técnica que formen personal especializado en fabricación, compostaje, biodigestión y reciclaje de bioplásticos.

Hallazgo 5

México es un importador neto de resinas de bioplástico. El PLA ha registrado el mayor crecimiento en consumo aparente en los últimos diez años (35.61%), seguido del PHA (11.34%) y, en menor medida, el PBS, PBAT y PCL (5.16 por ciento).

Recomendación 1. Fomentar el uso de coberturas cambiarias que permitan a los productores planificar costos y mitigar el impacto de la volatilidad cambiaria en la producción nacional de mercancías fabricadas a partir de resinas de bioplástico.

Recomendación 2. Establecer un etiquetado claro e incentivar la recuperación y el manejo diferenciado de estos residuos para su reciclaje. Si se mantiene la tendencia, se espera que el consumo de PLA y PHA y, en menor medida, PBS, PBAT y PCL se incremente sustancialmente en un futuro próximo.

Recomendación 3. Incentivar el desarrollo de empresas emergentes en el mercado nacional y fortalecer los vínculos entre industria y academia, con el fin de acelerar la innovación y consolidar la cadena de valor de los bioplásticos.

9. Conclusiones

9.1 Conclusiones en relación con el manejo de residuos de bioplásticos en México

El consumo de bioplásticos plantea desafíos importantes relacionados con su disponibilidad en el mercado, la competitividad de costos y la percepción de quienes consumen estos materiales. La localización de las fuentes de abastecimiento y de la producción de materias primas, el aprovechamiento de economías de escala y la promoción de la demanda de bioplásticos reciclados pueden influir positivamente en la dinámica del mercado. Asimismo, resulta esencial disipar

conceptos erróneos sobre su degradabilidad mediante un etiquetado adecuado y el uso de estrategias de comunicación y mercadotecnia innovadoras que fortalezcan la percepción de la parte consumidora sobre el desempeño mecánico y la calidad de estos materiales.

Uno de los principales obstáculos para la producción y el uso de bioplásticos es su alto costo de fabricación, en comparación con los plásticos convencionales, aunado a la limitada o inexistente infraestructura para su adecuada valorización. Esta situación deriva en prácticas de disposición inadecuada que pueden neutralizar los beneficios ambientales esperados por su utilización.

Entre los principales componentes de costo destacan las materias primas —como almidón, celulosa o grasas vegetales—, así como el acceso restringido a maquinaria especializada para su producción. Actualmente, el costo de manufactura de bioplásticos sigue siendo superior al de los plásticos convencionales, lo que limita su competitividad. En este contexto, la reglamentación ambiental se erige como el principal motor de sustitución de materia prima, aunque los costos asociados terminan transfiriéndose a la parte consumidora final.

La producción industrial de bioplásticos requiere biomasa para la obtención de insumos como almidón y celulosa, lo que puede generar competencia con la producción destinada a la alimentación humana o animal y a bioenergéticos, un desafío adicional en términos de sustentabilidad.

Otro desafío relevante es la falta de una categoría específica que identifique los bioplásticos en los flujos de reciclaje. La ausencia de esta diferenciación incrementa el riesgo de que estos materiales —en especial los biodegradables— se mezclen con otros plásticos reciclables, y contaminen las corrientes de reciclaje. En Europa y Estados Unidos, asociaciones de recicladores han advertido sobre este problema, al señalar que los bioplásticos pueden comprometer la calidad de materiales como las botellas de PET o las películas flexibles.

En México, la reglamentación promueve la producción y comercialización de bioplásticos biodegradables y compostables, considerando su envío a plantas de compostaje en el marco de la economía circular. No obstante, el bajo valor comercial de la composta y la falta de infraestructura para su procesamiento representan barreras que, de no atenderse, limitarán la eficiencia y efectividad de estas iniciativas.

9.2 Conclusiones compartidas con Canadá y Estados Unidos sobre el manejo de residuos de bioplásticos

En diciembre de 2024, la CCA publicó un estudio sobre el manejo de los bioplásticos —con el respectivo resumen ejecutivo— para Canadá y otro para Estados Unidos.² Ambos documentos contienen un apartado dedicado a los obstáculos que dificultan el reciclaje de residuos de

² El resumen ejecutivo en español y el texto completo del estudio técnico en inglés pueden consultarse en: <www.cec.org/es/publications/estudio-de-oportunidades-en-relacion-con-el-manejo-de-residuos-de-bioplásticos-en-canada-y-estados-unidos/> y <www.cec.org/publications/milestone-study-on-bioplastics-waste-management-in-the-us-canada/>.

bioplásticos. En lo que respecta a México, se puede concluir que dichas barreras presentan similitudes significativas y se comparten con las identificadas en los otros dos países; sin embargo, en algunas entidades federales o municipios o a escala de productor podrían implementarse las soluciones planteadas, sin que por ello queden desatendidos los temas planteados en el apartado “Hallazgos y recomendaciones” del presente estudio.

Los textos traducidos de la versión original en inglés, elaborada por Eunomia para la CCA, se presentan en letra cursiva. Cuando el contenido corresponde específicamente a la redacción aplicable a México, se muestra en letra normal y en negritas.

En algunos casos, las barreras a la circularidad obedecen a múltiples causas posibles, cada una con sus soluciones sugeridas y acciones de política correspondientes. Para facilitar su comprensión, los cuadros que se presentan a continuación están estructurados con celdas separadas y un código de colores que permite distinguir visualmente la información: en rojo se muestran las dos columnas de la izquierda, que describen los desafíos y barreras para la circularidad, y en verde las dos columnas de la derecha, que contienen las soluciones sugeridas.

En la parte superior de cada cuadro, se incluyen las banderas de Canadá, Estados Unidos y México, a fin de indicar a cuál de estos países se aplica la información. Cabe señalar que existe cierta superposición y repetición en los cuadros, ya que las barreras a la circularidad pueden tener más de una causa y las medidas de política pueden funcionar como solución para más de un desafío identificado. Por ejemplo, se menciona la elaboración y difusión de directrices para la aplicación adecuada de alternativas a los plásticos de base biológica o biodegradables, con el fin de obtener el mejor resultado ambiental y circular posible. Esta medida puede responder simultáneamente a obstáculos en las etapas de *adquisición, diseño de productos y formulación de prohibiciones de plásticos de un solo uso*.

Cuadro 13. Bioplásticos (Conclusiones compartidas con Canadá y Estados Unidos)

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
Los productos de plástico biodegradables y de base biológica contienen afirmaciones engañosas: Los productos se comercializan o etiquetan de forma engañosa, tanto en términos de declaraciones “sustentables”, “ecológicas” o “verdes” como de eliminación y tratamiento (reciclables o compostables).	Las afirmaciones engañosas no están prohibidas ni restringidas: No existen políticas nacionales que prohíban ni limiten el uso de afirmaciones engañosas (por ejemplo, afirmar erróneamente la capacidad de biodegradarse) en los productos de plástico.	Definir normas de etiquetado de alcance federal para plásticos de base biológica, compostables a escala industrial o doméstica. En la Ciudad de México se cuenta con una norma técnica local que establece el etiquetado para productos compostables y biodegradables. En ese sentido, será conveniente analizar la homologación de logotipos y etiquetas.	- Regular el uso de etiquetas y afirmaciones ambientales. Prohibir el uso de etiquetas o declaraciones engañosas, permitiendo únicamente aquellas que indiquen con precisión “de base biológica”, “compostable en instalaciones industriales” o “compostable en casa”. - Considerar restringir o prohibir el uso de etiquetas como “biodegradable en la naturaleza, suelo o medio marino”, ante la ausencia de normas internacionales confiables para su verificación. - Con base en la mejor información científica disponible, formular y aplicar criterios y metodologías de evaluación de compostabilidad y reciclabilidad para etiquetar productos de base biológica y biodegradables (vía compostaje o reciclaje).

Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
	Falta de orientación explícita a quienes son responsables de la formulación de políticas en materia de alternativas sustentables: Persiste la confusión y la falta de concienciación entre los responsables de políticas públicas respecto a los requisitos de manejo al final de la vida útil de los materiales bioplásticos, así como en relación con los retos de gestión presentes en las etapas iniciales y finales del proceso y los impactos ambientales asociados, en particular para los plásticos biodegradables. Cuando existen análisis de ciclo de vida (ACV) sobre plásticos de base biológica y biodegradables aplicados a productos relevantes, los resultados pueden mostrar impactos ambientales significativos. No obstante, estos resultados dependen en gran medida de los límites y el alcance del estudio, la disponibilidad y calidad de los datos, así	Llevar a cabo investigaciones adicionales para identificar los tipos de productos y aplicaciones en los que los plásticos de base biológica y compostables resulten viables como alternativas a los plásticos convencionales, y que generen el mayor valor añadido a lo largo de su ciclo de vida, considerando los beneficios ambientales, el potencial de circularidad y la eficiencia en el uso de materiales.	Fomentar la colaboración interinstitucional con miras a destinar fondos a la investigación sobre la aplicabilidad y viabilidad de los plásticos de base biológica y compostables en diversos tipos de productos. Estas investigaciones deben considerar no sólo los requisitos de desempeño de los productos (por ejemplo, su vida útil), sino también los sistemas de producción involucrados, los contextos de manejo de residuos, el comportamiento de los consumidores y los impactos ambientales en las etapas iniciales y finales del ciclo de vida de los materiales en las aplicaciones correspondientes. Asimismo, asignar recursos para investigaciones específicas en cada país y para la realización de análisis de ciclo de vida de polímeros de base biológica y compostables en una variedad de aplicaciones de productos relevantes.

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
	como de las suposiciones empleadas en el modelo de ACV (por ejemplo, tipo de materia prima, tratamiento al final de la vida útil, tasas de biodegradación) (Walker y Rothman, 2020). Esta variabilidad dificulta la formulación de recomendaciones concluyentes sobre la preferencia de un plástico de base biológica y compostable frente a otro, o de un grupo de bioplásticos frente a los plásticos convencionales (Van Roijen y Miller, 2022).		

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
Disponibilidad limitada de datos en Canadá, Estados Unidos y México: En estos tres países, la información disponible y accesible sobre la producción, el consumo y el tratamiento al final de la vida útil de los plásticos biodegradables y de base biológica, así como sobre las capacidades de procesamiento de las instalaciones, es limitada. Esta laguna implica la ausencia de datos detallados sobre los volúmenes de diferentes materiales en circulación, los que ingresan a los flujos de desechos o escapan al medio ambiente, así como sobre los flujos de materiales dentro de los sistemas de manejo de residuos, incluida la manera en que finalmente se procesan.	Los bioplásticos están conformados por grupos de materiales relativamente nuevos, que constituyen una fracción baja en comparación con el total de residuos generados. Hoy en día, en Canadá y Estados Unidos no existen requisitos ni incentivos para la presentación de informes de datos relacionados con su producción, uso o disposición final. En México, la Ciudad de México es la única entidad que exige el registro de productos compostables para su comercialización, así como la presentación de informes semestrales. La implementación de sistemas de reutilización dista mucho todavía de ser una prioridad en el ámbito de políticas: En muchos casos, las prohibiciones de plásticos de un solo uso no impulsan esquemas de reutilización o recarga	Llevar a cabo investigaciones consolidadas sobre el impacto ambiental de los plásticos de base biológica y compostables en comparación con los plásticos convencionales, considerando todos los contextos de manejo de residuos.	Compilar y sintetizar las investigaciones disponibles sobre el impacto ambiental de los plásticos de base biológica y compostables en aplicaciones de productos relevantes, escenarios de producción y contextos de gestión de residuos. El objetivo principal es elaborar informes integrales que identifiquen los escenarios en los que los bioplásticos tienen mayor probabilidad de generar beneficios ambientales en comparación con los plásticos convencionales, considerando las particularidades de cada país. Como parte de esta acción, deben identificarse las lagunas en el conocimiento actual, a fin de detectar oportunidades de investigación adicional y orientar de manera estratégica la asignación de recursos y el financiamiento de nuevos estudios.
		Proporcionar herramientas que doten a los responsables de la formulación de políticas de los conocimientos necesarios para incorporar los plásticos de base biológica y compostables de la forma más eficaz y menos perjudicial en políticas en materia de plásticos de un solo uso.	Con base en datos científicos disponibles, elaborar directrices dirigidas a quienes son responsables de la formulación de políticas sobre los distintos tipos de materiales bioplásticos, su posible impacto ambiental y las oportunidades y desafíos asociados con su producción, uso y gestión al final de la vida útil. Estas directrices podrían dirigirse a los gobiernos estatales, provinciales y municipales que han implementado prohibiciones de plásticos de un solo uso, y presentarse en forma de un conjunto de herramientas jerárquicas que identifique las aplicaciones de

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
	(rellenado), sino que incentivan la transición hacia alternativas igualmente desechables, que sólo perpetúan el consumo de productos de un solo uso y limitan el avance hacia una economía circular. Ausencia de lineamientos claros para quienes se encargan de formular políticas en materia de alternativas sustentables: Persiste la confusión y la falta de sensibilización y conocimiento entre las personas responsables de la formulación de políticas respecto a los requisitos de gestión al final de la vida útil de los materiales bioplásticos, así como sobre los desafíos asociados a su manejo en las etapas iniciales y finales del ciclo y los impactos ambientales que generan, sobre todo en el caso de los plásticos biodegradables (Walker y Rothman, 2020). Esta variabilidad dificulta la formulación de	Para avanzar hacia una economía verdaderamente circular, es fundamental sustituir los productos de un solo uso por sistemas de reutilización o recarga (rellenado) siempre que sea posible, ya sea mediante mandatos regulativos o a través de incentivos dirigidos a las empresas. En numerosas aplicaciones de productos plásticos de un solo uso —por ejemplo, bolsas de supermercado—,	producto más beneficiosas según el grupo de material. Dicha orientación permitiría a las autoridades estatales, provinciales y locales recomendar alternativas de materiales verdaderamente sustentables en aquellos casos en los que la reutilización no sea viable. Cualquier guía resultante debe enfatizar que todos los productos de plástico biodegradable deben contar con certificación de compostabilidad conforme a una norma reconocida, a fin de garantizar su tratamiento y procesamiento en instalaciones de compostaje industrial o en sistemas de compostaje doméstico. Los estados y provincias de Canadá, Estados Unidos y México deberían considerar la implementación de sistemas de reutilización y el establecimiento de cuotas de recarga, particularmente para los utensilios de servicio de alimentos en entornos de consumo en sitio. No obstante, un mandato de alcance federal sería ideal, ya que permitiría evitar la fragmentación de políticas entre jurisdicciones y garantizar un enfoque uniforme. En el caso de México, resulta fundamental asegurar que los recursos recuperados se canalicen de manera prioritaria al mismo sector, con el fin de fortalecer el sistema y favorecer el crecimiento de la infraestructura necesaria para la gestión de estos materiales.

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
	recomendaciones concluyentes sobre la preferencia de un plástico de base biológica y compostable frente a otro, o de un grupo de materiales bioplásticos frente a los plásticos convencionales (Van Roijen y Miller, 2022). La implementación de sistemas de reutilización dista mucho de ser prioritaria en términos de política.	las alternativas reutilizables suelen ser preferibles a las opciones fabricadas con materiales bioplásticos de un solo uso. Sin embargo, es necesario realizar análisis de ciclo de vida (ACV) que permitan determinar, para cada aplicación específica, si los bioplásticos reutilizables o de un solo uso generan un menor impacto ambiental.	
Falta de claridad respecto a la inclusión de los plásticos de base biológica y biodegradables en las prohibiciones de plásticos de un solo uso: En el ámbito local y estatal o provincial, las políticas son poco precisas respecto a si los plásticos de base biológica y biodegradables están contemplados en las prohibiciones de plásticos de un solo uso. En algunos casos, la legislación sugiere	Falta de orientación explícita para quienes son responsables de la formulación de políticas en materia de alternativas sustentables: Persiste la confusión y la falta de sensibilización y conocimiento entre las personas responsables de la formulación de políticas respecto a los requisitos de gestión al final de la vida útil de los materiales bioplásticos, así como sobre los desafíos asociados a su manejo	Para avanzar hacia una economía verdaderamente circular, es fundamental sustituir los productos de un solo uso por sistemas de reutilización o recarga siempre que sea posible, ya sea mediante mandatos regulativos o a través de incentivos dirigidos a las empresas. En numerosas aplicaciones de productos	Incentivar el establecimiento de sistemas de reutilización y rellenado mediante planes piloto y la asignación de fondos o subvenciones federales. Estas subvenciones pueden destinarse a proyectos de reutilización y rellenado elaborados en colaboración con asociaciones sectoriales, como las de alimentos y bebidas. En el plano estatal o provincial, considerar la implementación de incentivos fiscales para las empresas que adopten sistemas de reutilización y rellenado. En Canadá y Estados Unidos, los plásticos de un solo uso suelen ser suministrados por proveedores locales y consumidos principalmente en centros comerciales y mercados callejeros —por ejemplo, por

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
que los plásticos de base biológica y los compostables certificados se consideren alternativas permitidas frente a los plásticos convencionales de un solo uso. La falta de claridad y, en ocasiones, la fragmentación de las políticas de alcance nacional genera confusión en las empresas que utilizan plásticos de un solo uso, lo que dificulta la identificación de alternativas verdaderamente sustentables y se corre el riesgo de perpetuar el consumo de productos desechables.	en las etapas iniciales y finales del ciclo y los impactos ambientales que generan, en especial en el caso de los plásticos biodegradables. Cuando existen análisis de ciclo de vida (ACV) sobre plásticos de base biológica y biodegradables aplicados a productos relevantes, los resultados pueden mostrar impactos ambientales significativos. No obstante, estos resultados dependen en gran medida de los límites y el alcance del estudio, la disponibilidad y calidad de los datos, así como de las suposiciones empleadas en el modelo de ACV (por ejemplo, tipo de materia prima, tratamiento al final de la vida útil y tasas de biodegradación) (Walker y Rothman, 2020). Esta variabilidad dificulta la formulación de recomendaciones concluyentes sobre la preferencia de un	plásticos de un solo uso —por ejemplo, bolsas de supermercado—, las alternativas reutilizables suelen ser preferibles a las opciones fabricadas con materiales bioplásticos de un solo uso. Sin embargo, es necesario realizar análisis de ciclo de vida (ACV) que permitan determinar, para cada aplicación específica, si los bioplásticos reutilizables o de un solo uso generan un menor impacto ambiental. Es preciso sensibilizar a las personas propietarias y responsables de negocios sobre los beneficios de implementar sistemas de reutilización y relleno, y poner a su disposición herramientas y recursos accesibles que faciliten la transición de esquemas de un solo uso hacia	vendedores ambulantes de alimentos— en zonas urbanas, más que en restaurantes con servicio en mesa. En estos casos, los gobiernos locales y estatales deben evaluar la viabilidad de financiar y poner a prueba programas de envases reutilizables, particularmente para alimentos para llevar, así como ofrecer incentivos a vendedores, centros comerciales y proveedores locales para incentivar su participación en dichos programas.

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
	<i>plástico de base biológica y compostable frente a otro, o de un grupo de materiales bioplásticos frente a los plásticos convencionales (Van Roijen y Miller, 2022).</i> La implementación de sistemas de reutilización dista mucho de ser prioritaria en términos de política.	<i>modelos basados en la reutilización y el rellenado.</i>	

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
La política de plásticos de un solo uso sigue siendo poco uniforme a escala nacional: No todas las entidades federativas de Estados Unidos o México han implementado prohibiciones o restricciones relativas al uso y consumo de productos innecesarios de un solo uso, incluidos el plástico convencional y los plásticos de base biológica y biodegradables. Además, la promoción de materiales alternativos varía de una jurisdicción a otra, lo que genera confusión tanto para las empresas como para las personas consumidoras en relación con el manejo de residuos de plásticos convencionales y bioplásticos.	Falta de una política nacional que restrinja o prohíba los plásticos de un solo uso: A escala nacional, no existe un marco legal federal que prohíba o restrinja la producción y el consumo de plástico de un solo uso.	Se recomienda considerar la introducción de una ley federal que prohíba o restrinja la producción y el consumo de productos de plástico convencional y de bioplástico de un solo uso.	Se recomienda considerar la adopción de una política federal que restrinja o prohíba el uso de plásticos innecesarios de un solo uso, en la que se defina con toda claridad si las alternativas de bioplástico se incluyen en la prohibición y se establezcan criterios diferenciados según el tipo de producto o aplicación. Asimismo, es fundamental evaluar no sólo el material del que está fabricado el producto, sino también su naturaleza de un solo uso. Del mismo modo, se sugiere considerar la implementación de incentivos fiscales —por ejemplo, créditos fiscales— para las empresas que hayan realizado con éxito la transición de plásticos de un solo uso hacia sistemas de reutilización y rellenado, o hacia alternativas de materiales más sustentables. Dichos incentivos deben contemplar tanto los impactos ambientales asociados a la producción (en las fases iniciales del ciclo) como los relacionados con el manejo al final de la vida útil de los productos (hacia el término de vida útil).

Cuadro 14. Plásticos biodegradables (Conclusiones compartidas con Canadá y Estados Unidos)

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
Falta de infraestructura para reciclar plásticos reciclables y compostables: No existe infraestructura adecuada para procesar plásticos reciclables y compostables (por ejemplo, PLA).	Bajos volúmenes de mercado y economías de escala: Los bajos volúmenes de estos plásticos reciclables y compostables en el mercado no justifican, por el momento, la implementación de sistemas específicos de separación y procesamiento. Además, la contaminación de los flujos de reciclaje convencionales aún no alcanza niveles que representen un problema significativo; por ejemplo, el PLA puede actuar como contaminante en los flujos de PET, pero sólo en concentraciones muy bajas.	A medida que se incremente el volumen de plásticos biodegradables que ingresan a los flujos de residuos será fundamental separarlos de los flujos convencionales de reciclaje de plásticos. Para lograrlo será necesario implementar la clasificación adecuada en las instalaciones de recuperación de materiales, y quizás invertir en investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de clasificación que permitan identificar de manera eficiente los distintos tipos de biopolímeros.	En los lugares donde ya existe tecnología de clasificación —por ejemplo, sistemas de detección mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (near infrared, NIR) para identificar PLA—, se recomienda ofrecer subvenciones u oportunidades de financiamiento que permitan a las plantas de recuperación de materiales instalar o ampliar esta tecnología, con el fin de eliminar de manera eficiente los contaminantes plásticos biodegradables de los flujos de reciclaje.

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
Acceso limitado a sistemas de recolección que admiten plásticos de composición industrial: La accesibilidad a sistemas de recolección de residuos orgánicos que acepten plásticos compostables en instalaciones industriales es limitada, lo que aumenta la probabilidad de que estos productos terminen en rellenos sanitarios. Esta situación persiste incluso cuando las personas consumidoras desechan los plásticos compostables en los flujos de reciclaje, ya que el material es considerado un contaminante y, en la mayoría de los casos, se separa y desvía de los procesos de reciclaje.	Recolección selectiva de residuos alimentarios nula, limitada o poco accesible: Se cuenta con esquemas de recolección separada de residuos de alimentos, pero su cobertura es limitada o resulta inaccesible para gran parte de la población. Además, en los lugares donde se dispone de programas de recolección accesibles, la aceptación de plásticos compostables es baja. Solo 8% de los programas municipales de recolección en acera aceptan envases compostables (incluidos, sin a ellos limitarse, los plásticos compostables) (GreenBlue, 2023).	Invertir en sistemas formales, eficaces y accesibles de recolección y tratamiento de residuos alimentarios. No obstante, esta medida debe justificarse principalmente por sus beneficios ambientales —como la reducción de las emisiones asociadas a los desechos de alimentos y la recuperación de nutrientes a través de la producción de composta— y no exclusivamente por la necesidad de procesar plásticos compostables en instalaciones industriales.	Brindar oportunidades de acceso a fondos federales o subvenciones para ampliar y mejorar la infraestructura de procesamiento de residuos, así como considerar la utilización de créditos fiscales para incentivar la creación de nueva infraestructura.
		Fomentar una mayor participación de los productores mediante la implementación de esquemas de responsabilidad extendida del productor para los plásticos biodegradables.	Colaborar con programas de prevención del desperdicio de alimentos y aprovechar las redes en pie para diseñar e implementar sistemas de manejo de residuos orgánicos accesibles para la población, así como incentivar su participación activa.
Capacidad limitada para el tratamiento de residuos alimentarios, que constituye la principal vía de procesamiento disponible para los plásticos compostables en instalaciones industriales.	Insuficiencia de infraestructura de compostaje de residuos alimentarios y capacidad limitada de procesamiento: En Estados Unidos, si bien existe cierta infraestructura para el tratamiento de residuos orgánicos, es menos probable que las instalaciones procesen los		Elaborar directrices para que los estados o provincias implementen modelos de responsabilidad extendida del productor para los plásticos biodegradables y establezcan objetivos mínimos de tratamiento para el compostaje a fin de fomentar la inversión en infraestructura. Si se permite su comercialización, se ha de considerar la posibilidad de utilizar tarifas ecomoduladas para los plásticos biodegradables naturales o marinos que no puedan someterse a pruebas fiables en apego a

			
Barrera a la circularidad	Causa posible	Solución sugerida	Acciones para los responsables de la formulación de políticas
	<i>desechos de alimentos provenientes de los flujos residenciales.</i>		<i>la normativa y no se traten de manera formal.</i>
		<i>Invertir en infraestructura de tratamiento de residuos orgánicos y alimentarios.</i>	<i>Proporcionar oportunidades para obtener fondos o subvenciones federales para infraestructura.</i>
			<i>Mejorar el acceso a infraestructura para el manejo de residuos orgánicos mediante la concesión de subvenciones federales para su tratamiento en tierras agrícolas.</i>

10. Bibliografía

- Agencia Ambiental Europea (2020). “*Biodegradable and compostable plastics – Challenges and opportunities*. EEA Briefing.” [Plásticos biodegradables y compostables – Desafíos y oportunidades. Resumen de la AEM], en: <www.eea.europa.eu/publications/biodegradable-and-compostable-plastics>.
- Asociación Mexicana de Bioplásticos (AMB) (2025). Comunicación personal [Reunión del 3 de junio 2025].
- Anipac. 2023a. *Anuario Estadístico 2023*. Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C.
- Asociación Nacional de Industrias del Plástico (ANIPAC) (2023). “4° Informe del Acuerdo Nacional para la Nueva Economía del Plástico en México.”, en: <<https://anipac.org.mx/wp-content/uploads/2023/12/4to-Informe-AN-VERSION-FINAL.pdf>>.
- ASTM International (2021), “ASTM D6400-21: Standard specification for labeling of plastics designed to be aerobically composted in municipal or industrial facilities” [ASTM D6400-21: Especificación estándar para el etiquetado de plásticos destinados a compostaje aeróbico en instalaciones municipales o industriales], en: <<https://www.astm.org/d6400-21.html>>.
- Biodegradable Products Institute (2023), “Certified compostable products” [Productos compostables certificados], en: <www.bpiworld.org/> (consulta realizada el 11 de junio del 2025).
- Brainy Insights, The. (2024). *Bioplastics Market Size by Type (Biodegradable Bioplastics and Non-biodegradable/Biobased Bioplastics), Material (Polylactic Acid (PLA), Polyhydroxyalkanoates (PHA), Starch Blends, Bio-PET (Polyethylene Terephthalate), Bio-PE (Polyethylene) and Others), Application (Packaging, Agriculture, Textiles, Automotive & Transport, Consumer Goods, Electronics and Medical & Healthcare), End-Use Industry (Food & Beverage, Retail, Agriculture, Healthcare, Cosmetics & Personal Care and Automotive), Regions, Global Industry Analysis, Share, Growth, Trends, and Forecast 2025 to 2034*. <<https://www.thebrainyinsights.com/report/bioplastics-market-14729>>.
- CCA (2024). Estudios de oportunidades en relación al reciclaje y la gestión de residuos de bioplásticos en Canadá y Estados Unidos. Montreal, Canadá. Estudio completo solo en inglés, en: <https://www.cec.org/wp-content/uploads/Bioplastics_Full-Study.pdf>, y resumen ejecutivo en español, en: <<https://www.cec.org/es/publications/estudio-de-oportunidades-en-relacion-con-el-manejo-de-residuos-de-bioplasticos-en-canada-y-estados-unidos/>>
- C-Label. (2021). *Certificación C-Label Compostable basada en las normas ASTM D6400 y ASTM D6868 para la verificación de productos en condiciones de compostaje industrial*. C-Label International.
- ClimateSort (s.f.), “Bioplásticos a base de algas y fermentación bacteriana: soluciones emergentes para una economía circular”, ClimateSort, en: <www.climatesort.org>.

Data Bridge Market Research (2024), “Informe de análisis del tamaño, la participación y las tendencias del mercado global de plásticos biodegradables: panorama general del sector y pronóstico hasta 2032”, en: <www.databridgemarketresearch.com/es/reports/global-biodegradable-plastics-market>.

DIN CERTCO (2023), “Certification of compostable and biobased plastics” [Certificación de plásticos compostables y de origen biológico], en: <www.dincertco.de/dincertco/en/main-navigation/products-environmental-labels/compostable-biobased-plastics/>.

EPA (1995), *Biodegradability, aerobic aqueous biodegradation (screening test): OPPTS 796.3200* [Biodegradabilidad, biodegradación acuosa aeróbica (prueba de cribado): OPPTS 796.3200], Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. United States Environmental Protection Agency [Oficina de Prevención, Plaguicidas y Sustancias Tóxicas, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos].

European Bioplastics (2024), “Bioplastics Market Development Update 2024” [Actualización sobre la evolución del mercado de los bioplásticos, 2024], en: <www.european-bioplastics.org/market/>.

European Committee for Standardization (2002), “EN 13432: Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation” [EN 13432: Requisitos para materiales de envasado y embalaje recuperables mediante compostaje y biodegradación], en: <www.cen.eu/>.

Flores, A., F. Loutfi, Ma. de Lourdes González y P. Alarcón (2024), “Situación de las políticas sobre economía circular en México”, documento de trabajo, WRI México, Ciudad de México, en: <<https://doi.org/10.46830/wriwp.20.00153>>.

Flores, L. (2023), “¿Bioplástico, hacia dónde va el mercado?”, Tecnología del Plástico, en: <www.tecnologiadelplastico.com/>.

Ghasemlou, M., C. J. Barrow y B. Adhikari (2024), “The future of bioplastics in food packaging: An industrial perspective”, [El futuro de los bioplásticos en el envasado de alimentos: perspectiva industrial], *Food Packaging and Shelf Life*, núm. 43, art. 101279.

Global Growth Insights (2024) “Tamaño del mercado de bioplásticos”, consultado el 11 de junio de 2025, en: <www.globalgrowthinsights.com/>.

Gobierno de México. (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR)*. Diario Oficial de la Federación.

Gobierno del Estado de Aguascalientes (2024), “Ley de Protección Ambiental para el Estado de Aguascalientes 2000”, en: <<https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-18-50.pdf>>.

Gobierno del Estado de Baja California (2021), “Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Baja California”, *Periódico Oficial del Estado de Baja California*, en:

<www.congresobc.gob.mx/Documentos/ProcesoParlamentario/Leyes/TOMO_VII/20210326_LEYRESIDUOS.PDF>.

Gobierno del Estado de Baja California Sur (1991), “Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur”, última reforma publicada el 12 de diciembre de 2018, *Periódico Oficial del Estado de Baja California Sur*, en:

<www.cbcs.gob.mx/index.php/cmPLY/1508-ley-proteccion-ambiente-bcs>.

Gobierno del Estado de Campeche (2019), “Ley para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Peligrosos del Estado de Campeche”, última reforma publicada el 1 de julio de 2022, *Periódico Oficial del Estado de Campeche*, en:

<<https://legislacion.congresocam.gob.mx/index.php/etiquetas-x-materia/117-ley-para-la-gestion-integral-de-los-residuos-solidos-urbanos-de-manejo-especial/file>>.

Gobierno del Estado de Chiapas (2019), “Ley de Residuos Sólidos del Estado de Chiapas”, texto de nueva creación, *Periódico Oficial del Estado de Chiapas*, núm. 039, 19 de junio de 2019, en:

<https://consejeriajuridica.chiapas.gob.mx/Marco_Juridico/Leyes/pdf/LEY%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20PARA%20EL%20ESTADO%20DE%20CHIAPAS%20Y%20SUS%20MUNICIPIOS.pdf>.

Gobierno del Estado de Chiapas (2021), “Ley Ambiental para el Estado de Chiapas”, última reforma de 2019, en:

<https://consejeriajuridica.chiapas.gob.mx/Marco_Juridico/Leyes/pdf/LEY%20AMBIENTAL%20PARA%20EL%20ESTADO%20DE%20CHIAPAS.pdf>.

Gobierno del Estado de Chihuahua (2014), “Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Chihuahua”, *Periódico Oficial del Estado de Chihuahua*, núm. 50, 21 de junio de 2014 (en vigor a partir del 6 de marzo de 2015), en:

<www.congresochihuahua2.gob.mx/biblioteca/leyes/archivosLeyes/1084.pdf>.

Gobierno del Estado de Coahuila de Zaragoza (2005), “Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Coahuila de Zaragoza”, última reforma publicada el 24 de julio de 2020, *Periódico Oficial del Estado de Coahuila de Zaragoza*, en:

<www.congresocoahuila.gob.mx/transparencia/03/Leyes_Coahuila/coa136.pdf>.

Gobierno del Estado de Colima (2006), “Ley de Residuos Sólidos del Estado de Colima”, última reforma: Decreto 488, *Periódico Oficial del Estado de Colima*, núm. 40, 2 de junio de 2018, en:

<https://congresocol.gob.mx/web/Sistema/uploads/LegislacionEstatal/LeyesEstatales/residuos_solidos_02jun2018.pdf>.

- Gobierno del Estado de Durango (2007), “Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Durango”, Decreto 390, 63 Legislatura, *Periódico Oficial del Estado de Durango*, núm. 4, 12 de julio de 2007, en:
<[http://congresodurango.gob.mx/Archivos/legislacion/LEY%20PARA%20LA%20PREVENCI
ON%20Y%20GESTION%20DE%20RESIDUOS.pdf](http://congresodurango.gob.mx/Archivos/legislacion/LEY%20PARA%20LA%20PREVENCI%20ON%20Y%20GESTION%20DE%20RESIDUOS.pdf)>.
- Gobierno del Estado de Guanajuato (2005), “Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Guanajuato”, *Periódico Oficial del Estado de Guanajuato*, en:
<[www.congresogto.gob.mx/leyes/ley-para-la-gestion-integral-de-residuos-del-estado-y-los-
municipios-de-guanajuato](http://www.congresogto.gob.mx/leyes/ley-para-la-gestion-integral-de-residuos-del-estado-y-los-municipios-de-guanajuato)>.
- Gobierno del Estado de Guerrero (2008), “Ley de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Guerrero”, última reforma publicada en el *Periódico Oficial del Estado de Guerrero*, núm. 27, alcance 1, 2 de abril de 2019, en: <[www.guerrero.gob.mx/wp-
content/uploads/2022/02/L593AGIREG.pdf](http://www.guerrero.gob.mx/wp-content/uploads/2022/02/L593AGIREG.pdf)>.
- Gobierno del Estado de Guerrero (2009), “Ley número 878 del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero”, última reforma publicada en el *Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guerrero*, 2 de abril de 2019, en:
<<http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/leyes/pdf/LAMBIENTEM.pdf>> y
<[https://congresogro.gob.mx/legislacion/ordinarias/ARCHI/LEY-DEL-EQUILIBRIO-
ECOLOGICO-Y-LA-PROTECCION-AL-AMBIENTE-DEL-ESTADO-DE-GUERRERO-878-
2021-03-10.pdf](https://congresogro.gob.mx/legislacion/ordinarias/ARCHI/LEY-DEL-EQUILIBRIO-ECOLOGICO-Y-LA-PROTECCION-AL-AMBIENTE-DEL-ESTADO-DE-GUERRERO-878-2021-03-10.pdf)>.
- Gobierno del Estado de Hidalgo (2011), “Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo”, última reforma publicada en el *Periódico Oficial del Estado de Hidalgo*, Alcance Uno, 20 de agosto de 2024, en: <[www.congreso-
hidalgo.gob.mx/biblioteca_legislativa/leyes_cintillo/Ley%20de%20Prevencion%20y%20Gesti
on%20Integral%20de%20Residuos%20del%20Estado.pdf](http://www.congreso-hidalgo.gob.mx/biblioteca_legislativa/leyes_cintillo/Ley%20de%20Prevencion%20y%20Gesti%20on%20Integral%20de%20Residuos%20del%20Estado.pdf)>.
- Gobierno del Estado de Jalisco (2007), “Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco”, *Periódico Oficial del Estado de Jalisco*, en:
<[https://info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/leyes/ley_de_gestion_integral_de_los_residuos
del_estado_de_jalisco.pdf](https://info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/leyes/ley_de_gestion_integral_de_los_residuos_del_estado_de_jalisco.pdf)>.
- Gobierno del Estado de México (2006), “Código para la Biodiversidad del Estado de México”, última reforma publicada en la *Gaceta del Gobierno* el 5 de abril de 2024, en:
<<https://legislacion.edomex.gob.mx/node/915>>.
- Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo (2010), “Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Michoacán de Ocampo”, última reforma publicada el 29 de diciembre de 2016, *Periódico Oficial del Estado de Michoacán de Ocampo*, tomo CLXVI, núm. 31, vigesimoctava sección, en: <[http://congresomich.gob.mx/file/LEY-PARA-LA-
PREVENICI%C3%93N-Y-GESTI%C3%93N-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-EN-EL-ESTADO-REF-
29-DIC-2016.pdf](http://congresomich.gob.mx/file/LEY-PARA-LA-PREVENICI%C3%93N-Y-GESTI%C3%93N-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-EN-EL-ESTADO-REF-29-DIC-2016.pdf)>.

Gobierno del Estado de Morelos (2007), “Ley de Residuos Sólidos y de Economía Circular del Estado de Morelos”, última reforma publicada el 15 de febrero de 2023, *Periódico Oficial del Estado de Morelos*, en:

<www.marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/leyes/pdf/LRESIDUOSEM.pdf>.

Gobierno del Estado de Nayarit (2001), “Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Nayarit”, última reforma publicada el 7 de junio de 2021, *Periódico Oficial del Estado de Nayarit*, en: <https://congresonayarit.gob.mx/wp-content/uploads/QUE_HACEMOS/LEGISLACION_ESTATAL/leyes/equilibrio_ecologico_y_proteccion_al_ambiente_del_estado_de_nayarit_ley_estatal_del.pdf>.

Gobierno del Estado de Nuevo León (2019), “Ley de Residuos Sólidos del Estado de Nuevo León”, *Periódico Oficial del Estado de Nuevo León*, en:

<www.hcnl.gob.mx/glpmc/10715d475b0b22b1abf776e61ad46e0b5c466bea.pdf>.

Gobierno del Estado de Oaxaca (2019), “Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Oaxaca”, última reforma: Decreto 1228, aprobado el 4 de abril de 2023 y publicado el 22 de abril de 2023, *Periódico Oficial del Estado de Oaxaca*, núm. 16, vigesimoctava sección, en:

<www.congresooaxaca.gob.mx/docs65.congresooaxaca.gob.mx/legislacion_estatal/Ley_para_la_Prevencion_y_Gestion_Integral_de_los_Residuos_Solidos_%28Ref_dto_1228_LXV_Legis_4_a_br_2023_PO_16_28a_secc_22_abr_2023%29.pdf>.

Gobierno del Estado de Puebla (2006), “Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Puebla”, *Periódico Oficial del Estado de Puebla*, en: <<https://ojp.puebla.gob.mx/legislacion-del-estado/item/229-ley-para-la-prevencion-y-gestion-integral-de-los-residuos-solidos-urbanos-y-de-manejo-especial-para-el-estado-de-puebla>>.

Gobierno del Estado de Querétaro (2021), “Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Querétaro”, *Periódico Oficial del Estado de Querétaro*, en: <www.ceaqueretaro.gob.mx/wp-content/uploads/2022/07/Ley-para-la-Prevención-Gestión-Integral-y-Economía-Circular-de-los-Residuos-del-Estado-de-Querétaro.pdf>.

Gobierno del Estado de Quintana Roo (2018), “Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo”, última reforma publicada, *Periódico Oficial del Estado*, 16 de agosto de 2018, en: <<https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L22-XV-16082018-741.pdf>>.

Gobierno del Estado de Quintana Roo (2019), “Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo”, última reforma publicada el 22 de diciembre de 2023, *Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo*, en: <<https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L199-XVII-20231222-L1720231222200.pdf>>.

- Gobierno del Estado de San Luis Potosí (1999), “Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí”, última reforma publicada el 5 de septiembre de 2024, *Periódico Oficial del Estado de San Luis Potosí*, en:
<<https://congresosanluis.gob.mx/sites/default/files/unpload/legislacion/leyes/2025/07/Ley%20Ambiental%20del%20Estado%20de%20san%20Luis%20Potosi%20%28al%2021%20de%20marzo%202025%29.pdf>>.
- Gobierno del Estado de Sinaloa (2018), “Ley de Residuos del Estado de Sinaloa”, última reforma publicada el 21 de febrero de 2020, en:
<<https://legislacion.scjn.gob.mx/Buscador/Paginas/wfArticuladoFast.aspx?q=b/EcoMjefuFeB6DOaNOimOZAwIUyEB9JiuO/vRdtrvswYL80PEbJHtgLEM+XsBXhYyg+VVvDJsxBVz9JvzHKA==>>.
- Gobierno del Estado de Sonora (2008), “Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora”, *Periódico Oficial del Estado de Sonora*, en:
<<https://transparencia.heroicanogales.gob.mx/storage/laws/rd1NITXrWP4SDEf0IOtGb0cilB4dAGP2GisBpxC.pdf>>.
- Gobierno del Estado de Tabasco (2012), “Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco”, última reforma publicada el 20 de mayo de 2023, *Periódico Oficial del Estado de Tabasco*, en: <<https://tabasco.gob.mx/leyes/descargar/0/433>>.
- Gobierno del Estado de Tamaulipas (2008), “Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas”, última reforma publicada el 27 de noviembre de 2018, *Periódico Oficial del Estado de Tamaulipas*, en: <https://po.tamaulipas.gob.mx/wp-content/uploads/2021/10/Codigo_Desarrollo_Sustentable-1.pdf>.
- Gobierno del Estado de Tlaxcala (s.f.), “Ley de Residuos del Estado de Tlaxcala”, *Periódico Oficial del Estado de Tlaxcala*, núm. extraordinario, 15 de junio de 2023, en:
<<https://sfp.tlaxcala.gob.mx/pdf/normateca/LEY%20DE%20RESIDUOS%20DEL%20ESTADO%20DE%20TLAXCALA.pdf>>.
- Gobierno del Estado de Zacatecas (2010), “Ley de Residuos Sólidos del Estado de Zacatecas”, última reforma publicada en el *Periódico Oficial del Estado de Zacatecas* el 23 de marzo de 2013, en: <www.congresozaac.gob.mx/f/elemento&cual=156POGEG>.
- Gobierno del Estado de Zacatecas. (2010). Ley de Residuos Sólidos del Estado de Zacatecas. Última reforma publicada en el Periódico Oficial del Estado el 23 de marzo de 2013. <https://www.congresozaac.gob.mx/f/elemento&cual=156POGEG> (2009). Ley Número 878 del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero. Última reforma 02 de abril del 2019. Consultado en:
<http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/leyes/pdf/LAMBIENTEM.pdf>
<https://congresogro.gob.mx/legislacion/ordinarias/ARCHI/LEY-DEL-EQUILIBRIO-ECOLOGICO-Y-LA-PROTECCION-AL-AMBIENTE-DEL-ESTADO-DE-GUERRERO-878-2021-03-10.pdf>

González López, M. E., S. D. J. Calva Estrada, M. S. Gradilla Hernández y P. Barajas Álvarez (2023), “Current trends in biopolymers for food packaging: A review.” [Estudio sobre tendencias actuales en biopolímeros para envases de alimentos], *Frontiers in Sustainable Food Systems*, núm. 7, art. 1225371, en: <<https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1225371>>.

Grand View Research (s.f.), “Bioplastics market: Mexico outlook” [Mercado de los bioplásticos: perspectivas para México], en: <www.globalgrowthinsights.com/es/market-reports/bioplastics-market-100768> (consulta realizada el 11 de junio del 2025).

Institute for Bioplastics and Biocomposites IfBB (2024), “Global production capacities of bioplastics by material type”. Hannover: Hochschule Hannover, [Capacidades de producción de bioplásticos por tipo de material a escala global], en: <<https://www.ifbb-hannover.de>>.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2020). “Panorama general de las tecnologías de reciclaje de plásticos en México y en el mundo*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.” En: <https://pdf4pro.com/view/panorama-general-de-las-tecnolog-237-as-de-reciclaje-de-gob-77726b.html>>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI (2023). “Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México (CNGMD)”, en: <<https://en.www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2023/>>.

Hernández Lizete (2022), “Polybion construye primera planta de biofabricación de celulosa en el mundo”, *Mexico Industry*, en: <<https://mexicoindustry.com/noticia/polybion-construye-primera-planta-de-biofabricacion-de-celulosa-en-el-mundo>> (consulta realizada el 19 de junio de 2025).

ISO (2021) “Specifications for compostable plastics (ISO Standard No. 17088:2021)” [Especificaciones para plásticos compostables, norma ISO núm. 17088:2021], Organización Internacional de Normalización, en: <www.iso.org/standard/79358.html>.

ISO (s.f.), “ISO 14024:2018 (en) Environmental labels and declarations — Type I environmental labelling — Principles and procedures” [ISO 14024:2018 (en) Etiquetas y declaraciones ambientales — Etiquetado ambiental de tipo I: Principios y procedimientos], en: <www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:14024:ed-2:v1:en>.

Lifeder (2023), *Bioplásticos*, 4 de octubre de 2023, en: <www.lifeder.com/bioplasticos/>.

Normex (2025), “Certificación de biodegradabilidad”, en: <<https://normex.com.mx/certificacion-de-producto-3/>>.

NYCE (2019), “Pruebas de laboratorio y certificación compostable”, en: <www.nyce.org.mx/>.

Plastics Europe (2023), “Plastics Europe launches Plastics – The fast Facts 2023”, en: <<https://plasticseurope.org/media/plastics-europe-launches-the-plastics-the-fast-facts-2023/>>.

- PNUMA (2024), “Perspectiva mundial sobre la gestión de residuos, 2024: el fin de la era de los residuos: transformación de la basura en recursos”, resumen ejecutivo, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, en:
<<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44992>>.
- POT (2008). “Código para el Desarrollo Sustentable del Estado de Tamaulipas.” *Periódico Oficial del Estado de Tamaulipas*. Última modificación publicada el 27 noviembre de 2018.
- POS. 2018. “Ley de Residuos del Estado de Sinaloa.” *Periódico Oficial del Estado de Sinaloa*. Última modificación publicada el 21 de febrero de 2020.
- POTI. N.d. “Ley de Residuos del Estado de Tlaxcala.” *Periódico Oficial del Estado de Tlaxcala*, número extraordinario del 15 de junio de 2023.
- POC. 2021. “Ley Ambiental para el Estado de Chiapas.” *Periódico Oficial del Estado de Chiapas*. Última modificación publicada en 2019, en:
<https://consejeriajuridica.chiapas.gob.mx/Marco_Juridico/Leyes/pdf/LEY%20AMBIENTAL%20PARA%20EL%20ESTADO%20DE%20CHIAPAS.pdf>.
- POE. 1991. “Ley de Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente del Estado de Baja California Sur.” *Periódico Oficial del Estado de Baja California Sur*. Última modificación publicada el 12 de diciembre de 2018.
- POE. 1999. “Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí.” *Periódico Oficial del Estado de San Luis Potosí*. Última modificación publicada el 5 de septiembre de 2024.
- POE. 2001. “Ley de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Nayarit.” *Periódico Oficial del Estado de Nayarit*. Última modificación publicada el 7 de junio de 2021.
- POE. 2005a. “Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Guanajuato.” *Periódico Oficial del Estado de Guanajuato*.
- POE. 2005b. “Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Coahuila de Zaragoza.” *Periódico Oficial del Estado de Coahuila de Zaragoza*. Última modificación publicada el 24 de julio de 2020.
- POE. 2006a. “Ley de Residuos Sólidos del Estado de Colima.” *Periódico Oficial del Estado de Colima*. Decreto 488, p.o. 40. Última modificación publicada el 2 de junio de 2018.
- POE. 2006b. “Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Puebla.” *Periódico Oficial del Estado de Puebla*.
- POE. 2007a. “Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco.” *Periódico Oficial del Estado de Jalisco*.
- POE. 2007b. “Ley de Residuos Sólidos y de Economía Circular del Estado de Morelos.” *Periódico Oficial del Estado de Morelos*. Última modificación publicada el 15 de febrero de 2023.

- POE. 2007c. “Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Durango.” *Periódico Oficial del Estado de Durango*. Decreto 390, 63 Legislatura, publicado el 12 de julio de 2007.
- POE. 2008a. “Ley de Aprovechamiento y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Guerrero.” *Periódico Oficial del Estado de Guerrero*, No 27, 1. Última modificación publicada el 2 de abril de 2019.
- POE. 2008b. “Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora.” *Periódico Oficial del Estado de Sonora*.
- POE. 2010. “Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Michoacán de Ocampo.” *Periódico Oficial del Estado de Sonora* volumen CLXVI, No. 31, sección 28. Última modificación publicada el 29 de diciembre de 2016.
- POE. 2011. “Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Hidalgo.” *Periódico Oficial del Estado de Hidalgo*. Última modificación publicada el 20 de agosto de 2024.
- POE. 2012. “Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Tabasco.” *Periódico Oficial del Estado de Tabasco*.
- POE. 2014. “Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos del Estado de Chihuahua.” *Periódico Oficial del Estado de Chihuahua* No. 50, 21 de junio de 2014 (en vigor el 6 de marzo de 2015).
- POE. 2019a. “Ley de Residuos Sólidos del Estado de Chiapas.” *Periódico Oficial del Estado de Chiapas* No. 039, del 19 de junio de 2019.
- POE. 2019b. “Ley de Residuos Sólidos del Estado de Nuevo León.” *Periódico Oficial del Estado de Nuevo León*.
- POE. 2019c. “Ley para La Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos, de Manejo Especial y Peligrosos del Estado de Campeche.” *Periódico Oficial del Estado de Campeche*. Última modificación publicada el 1 de julio de 2022.
- POE. 2019d. “Ley para la Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Oaxaca.” *Periódico Oficial del Estado de Oaxaca* No. 16. Última modificación, Decreto No. 1228, publicada el 22 de abril de 2023.
- POE. 2019e. “Ley Para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Quintana Roo.” *Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo*, Última modificación publicada el 22 de diciembre de 2023.
- POE. 2021a. “Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular del Estado de Baja California.” *Periódico Oficial del Estado de Baja California* volumen CXXVIII, No. 21, sección II, 26 de marzo de 2021.
- POE. 2021b. “Ley para la Prevención, Gestión Integral y Economía Circular de los Residuos del Estado de Querétaro.” *Gaceta Oficial del Estado de Querétaro*.

- POEA. 2024. “Ley de Protección Ambiental para el Estado de Aguascalientes 2000.” *Periódico Oficial del Estado de Aguascalientes*, en:
<<https://eservicios2.aguascalientes.gob.mx/NormatecaAdministrador/archivos/EDO-18-50.pdf>>.
- POEQR. 2015. “Ley de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Quintana Roo.” *Periódico Oficial del Estado de Quintana Roo*. Última modificación publicada el 16 de agosto de 2018, en: <<https://documentos.congresoqroo.gob.mx/leyes/L22-XV-16082018-741.pdf>>.
- POG. 2010. “Ley de Residuos Sólidos del Estado de Zacatecas.” *Periódico Oficial del Estado de Zacatecas*. Última modificación publicada el 23 de marzo de 2013.
- POGEG. 2009. “Ley Número 878 del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente del Estado de Guerrero.” *Periódico Oficial del Estado de Guerrero*. Última modificación publicada el 2 de abril de 2019, en:
<<http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/leyes/pdf/LAMBIENTEM.pdf>> and
<<https://congresogro.gob.mx/legislacion/ordinarias/ARCHI/LEY-DEL-EQUILIBRIO-ECOLOGICO-Y-LA-PROTECCION-AL-AMBIENTE-DEL-ESTADO-DE-GUERRERO-878-2021-03-10.pdf>>.
- POGG. 2006. “Código para la Biodiversidad del Estado de México.” *Periódico Oficial del Estado de México*. Última modificación publicada el 5 de abril de 2024.
- Ruiz Suárez, L. G., A. Gavilán García, A. Mendoza Cantú, T. Ramírez Muñoz y J. A. Araiza Aguilar (2022), “Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos”, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), p. 311, en:
<www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/693803/125_2022_Atlas_Nacional_Residuos_Solidos.pdf>.
- Sánchez, Joselyn (2025), “Estudiante de la UAEH desarrolla bioplásticos de lirio acuático; analizan su uso en la presa Endhó”, *La Jornada Hidalgo*, 15 de mayo de 2025, en:
<<https://lajornadahidalgo.com/estudiante-de-la-uaeh-desarrolla-bioplasticos-de-lirio-acuatico-analizan-su-uso-en-la-presa-endho/>>.
- Secretaría de Economía (2018), “NMX-AA-180-SCFI-2018: Compostaje de residuos orgánicos”, en: <www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5391337&fecha=07/05/2015>.
- Secretaría de Economía (2019), “NMX-E-273-NYCE-2019: Plásticos compostables – Especificaciones y métodos de prueba”, en: <https://www.nyce.org.mx/>.
- Sedema (2019), “NACDMX-010-AMBT-2019: Norma Ambiental para productos compostables”, Secretaría del Medio Ambiente, Ciudad de México, en: <www.sedema.cdmx.gob.mx/>.

Sedema (2025), “Convoca Sedema a sumarse a la Evaluación de Circularidad para obtener distintivo”, nota publicada el 14 de marzo 2025, Secretaría del Medio Ambiente, Ciudad de México, en: <<https://sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/convoca-sedema-sumarse-la-evaluacion-de-circularidad-para-obtener-distintivo#:~:text=El%20Distintivo%20de%20Circularidad%20es,Nivel%20%3A%2090%25%20de%20cumplimiento>>.

Semarnat (1985), *Norma Mexicana NMX-AA-022-1985: Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Selección y cuantificación de subproductos*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en: <<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-022-1985.pdf>>.

Semarnat (1985), *Norma Mexicana NMX-AA-015-1985: Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Muestreo – Método de cuarteo*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en: <<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/NMX-AA-015-1985.pdf>>.

Semarnat (1985), *Norma Mexicana NMX-AA-061-1985: Protección al ambiente – Contaminación del suelo – Residuos sólidos municipales – Determinación de la generación*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en: <<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa061.pdf>>.

Semarnat (2002), “NOM-004-Semarnat-2002: Lodos y biosólidos. Límites máximos permisibles de contaminantes”, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Diario Oficial de la Federación*, en: <www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691939&fecha=15/08/2003>.

Semarnat (2003), *NOM-083-Semarnat-2003: Especificaciones ambientales para disposición final de residuos*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en: <www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1306/1/nom-083-semarnat-2003.pdf>.

Semarnat (2013), “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en: <www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf>.

Semarnat (2020), *Panorama general de las tecnologías del reciclaje de plásticos en México y en el mundo*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Standards Australia (2006), *Biodegradable plastics—Biodegradable plastics suitable for composting and other microbial treatment* (AS 4736–2006) [Plásticos biodegradables: plásticos biodegradables aptos para el compostaje y otros tratamientos microbianos (AS 4736-2006)], Standards Australia International.

TÜV Austria (2023), OK compost HOME & INDUSTRIAL certification [Certificación OK compost, hogar e industria], en: <www.tuv-at.be/green-marks/ok-compost/>.

UN Comtrade (2024), “United Nations Commodity Trade Statistics Database”, en: <<https://comtradeplus.un.org>>.

Estudio marco sobre el manejo de residuos de bioplásticos posconsumo y mercados secundarios en México

USDA (2023), BioPreferred® Program: Product certification [Programa BioPreferred®: Certificación de productos], United States Department of Agriculture [Departamento de Agricultura de Estados Unidos], en: <www.biopreferred.gov/>.



CEC
CCA
CCE

cec.org