

Percepción de consumidores y perspectivas de industrias de alimentos de Cali sobre el uso de bioplástico en sus empaques

Camilo Andrés Pinto Torres*

Juanita Cardona Gómez**

Manuel Francisco Polanco Puerta***

Fecha de recibido: 26 de septiembre de 2022

Fecha de aprobado: 10 de abril de 2023

Para citar este artículo: Pinto Torres, C. A., Cardona Gómez, J., & Polanco Puerta, M. F. (2023). Percepción de consumidores y perspectivas de industrias de alimentos de Cali sobre el uso de bioplástico en sus empaques. *Revista Universidad & Empresa*, 25(44), 1-40. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.12506>

Resumen

Las tendencias del mercado masivo de alimentos y las exigencias de inocuidad alimentaria han favorecido el uso de empaques plásticos de fuentes fósiles, generando impactos críticos a nivel ambiental, social y económico. Los bioplásticos se presentan como una alternativa más sostenible para sustituir los plásticos de un solo uso. Esta investigación analiza la percepción de los consumidores e industriales frente al uso de bioplástico para los empaques de los alimentos de consumo masivo en la región del norte del departamento del Cauca y sur del Valle del Cauca, en Colombia. Se usa una metodología mixta con información cualitativa y cuantitativa, incluyendo trabajo de campo de observación de empaques en el mercado,

* Mágister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Universidad de Manizales (Colombia). Especialista en Administración Financiera, Universidad de los Andes (Colombia). Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional (Colombia). Director de Manufactura de la Unidad de Negocio de Galletería, Colombina S.A. Correo electrónico: ing.camilopinto@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2363-9811>

** Mágister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Universidad de Manizales (Colombia). Magister en Ingeniería Química, Universidad Nacional (Colombia). Microbióloga Industrial, Pontificia Universidad Javeriana (Colombia). Jefe de Planta de Fleischmann Foods S. A. (Cali, Colombia). Correo electrónico: jcardongomez@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8093-9429>

*** Doctor en Desarrollo sostenible: economía, sociedad y medio ambiente, Universidad Católica Santa Teresa de Ávila (España). Docente Investigador, Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas, Universidad de Manizales (Colombia). Correo electrónico: mpolanco@umanizales.edu.co. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4810-0081>

encuestas a consumidores de la región caracterizadas por género, estrato socioeconómico y edad, y entrevistas a ejecutivos de industrias de alimentos y empresas de plásticos. La disposición final de los bioplásticos tiene una estructura de separación en la fuente y aprovechamiento similar a los derivados del petróleo, su uso adiciona un nuevo material que, con la estructura actual, se sumaría a cerrar su ciclo en rellenos sanitarios y fuentes hídricas, sin generar impactos favorables. Las ventajas de los bioplásticos son su posibilidad de compostar y su origen de fuentes renovables.

Palabras clave: bioplástico; plástico de un solo uso; reciclabilidad; disposición final; empaque de alimentos.

Consumer Perception and Prospects of Cali's Food Industries on the Use of Bioplastics in Their Packaging

Abstract

Massive food market trends and food safety demands have favored the use of plastic packaging from fossil sources generating critical environmental, social, and economic impacts. Bioplastics are presented as a more sustainable alternative to replace single-use plastics. This research analyzes consumers' perceptions and industrialists regarding the use of bioplastics for the packaging of food for mass consumption in the northern region of the department of Cauca and southern Valle del Cauca, in Colombia. It uses a mixed methodology with qualitative and quantitative information, including fieldwork observation of packaging in the market, consumer surveys in the region characterized by gender, socioeconomic stratum and age, and interviews with executives from food industries and plastics companies. The final disposition of the bioplastics has a structure of separation in the source and uses derivatives similar to petroleum, its use adds a new material that with the current structure would be added to close its cycle in sanitary landfills and water sources, without generating favorable impacts. The advantages of bioplastics are their compostability and their origin from renewable sources.

Keywords: Bioplastic; single-use plastic; recyclability; final disposal; food packaging.

Percepção dos consumidores e perspectivas das indústrias alimentícias de Cali sobre o uso de bioplástico em suas embalagens

Resumo

As tendências do mercado de alimentos em massa e os requisitos de segurança alimentar têm favorecido o uso de embalagens plásticas de origem fóssil, gerando impactos críticos nos níveis ambiental, social e econômico. Os bioplásticos se apresentam como uma alternativa mais sustentável para substituir os plásticos descartáveis. Esta pesquisa analisa a percepção de consumidores e industriais sobre o uso de bioplástico para embalagens de alimentos de grande consumo na região norte do departamento de Cauca e sul do Valle del Cauca, na Colômbia. É utilizada uma metodologia mista com informações qualitativas e quantitativas, incluindo trabalho de campo para observação de embalagens no mercado e pesquisas com consumidores da região, caracterizadas por gênero, nível socioeconômico e idade, e entrevistas com executivos de indústrias alimentícias e de plásticos. A disposição final dos bioplásticos tem uma estrutura de separação na fonte e utilização semelhante à dos derivados de petróleo, sua utilização agrega um novo material que com a estrutura atual agregaria ao fechamento de seu ciclo em aterros sanitários e fontes hídricas, sem gerar impactos favoráveis. As vantagens dos bioplásticos são a possibilidade de compostagem e a origem de fontes renováveis.

Palavras-chave: bioplástico; plástico descartável; reciclabilidade; disposição final; embalagem de alimentos.

Introducción

La popularidad de los plásticos está alineada con su precio y propiedades, son livianos y están diseñados para que cumplan su función entre uno y 50 años (UPM, 2018), tienen un amplio rango de aplicaciones en casi todas las áreas de la vida y el trabajo, usados en empaques, textiles, automóviles, agricultura etc. Sin embargo, las desventajas son mayores, como la cantidad de energía y huella de carbono necesarias para producirlos, y el consumo de recursos fósiles, como petróleo, que debe ser visto de forma crítica, teniendo en cuenta el aumento de precios y la escasez, tanto en la actualidad, como en el futuro. Si las prácticas inadecuadas de manejo se toman en cuenta, la situación se vuelve significativamente más alarmante, no solo es un caso de proliferación de basura en los océanos y rellenos sanitarios, también estudios recientes han mostrado presencia de microplásticos en el cuerpo humano y no solo en el medio ambiente (Neuberdt, 2019).

La producción mundial de plástico empezó desde 1950 con un volumen anual de 1.7 millones de ton/año (Geyer et al., 2017), llegando a 360 millones de toneladas en el año 2018 (Plastics Europe, 2019). Los dos factores que más impactan sobre esta tendencia son, primero, el crecimiento de la población a nivel mundial, proyectando llegar a 8.5 billones de personas en el año 2030 (Worldometer, s. f.), las proyecciones para la ciudad de Cali con un crecimiento del 8% es que su población en el año 2030 alcanzará los 2.5 millones de habitantes (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], s. f.); y el otro factor es el incremento en la proporción del destino del uso del petróleo hacia plásticos, reemplazando las pérdidas en el campo de combustibles gracias al crecimiento del uso de energías renovables (Administración Uniandes, 2020). En la próxima década la industria de los combustibles fósiles pretende aumentar su producción en un 40%, y el plástico podría constituir el 20% del consumo total de petróleo. Los envases son los que generan el mayor porcentaje de producción mundial, al tiempo que son la mayor fuente de residuos generados al ambiente, ya que son diseñados para ser usados una única vez y luego ser desechados (Greenpeace & Universidad de los Andes, 2019).

La investigación va dirigida a analizar las implicaciones ambientales, económicas y sociales de reemplazar el plástico derivado del petróleo —usado en la actualidad en empaques de alimentos de consumo masivo— por bioplásticos, para las empresas de las

zonas industriales de la ciudad de Cali, teniendo en cuenta que en otros países ya se está implementando, especialmente en países de Europa. Los plásticos bio-basados tienen la ventaja, frente a los plásticos convencionales, de reducir la dependencia de recursos fósiles y disminuir los gases de efecto invernadero. La demanda ha venido creciendo dinámicamente, así como los avances en materiales, aplicaciones y productos emergentes. Por una parte, los consumidores están preocupados por el medio ambiente y saben que los plásticos son fabricados con recursos no renovables; y, por otro lado, grandes marcas están buscando formas innovadoras de disminuir su huella ambiental y evaluando los múltiples beneficios que tienen los bioplásticos para ofrecer (European Bioplastics, 2020).

Es necesario ampliar el enfoque de los trabajos de investigación previos sobre la temática planteada, asociados a una búsqueda técnica de desarrollo de bioplásticos, usando materias primas que se pueden cultivar en el país. Este trabajo complementa los antecedentes en Colombia, incluyendo el análisis del impacto de la disposición de residuos plásticos usados como material de empaque y el impacto si los mismos se reemplazaran por bioplásticos. Con base en esto se realizó un trabajo de campo para identificar los materiales que usan las empresas para sus productos alimenticios, cruzado con su potencial de reciclabilidad y el contexto del país y la región, a través de las cifras oficiales. Esto se complementó con un trabajo de encuestas anónimas a los consumidores de la región, con las cuales se determinó si preferían un material posiblemente más amigable con el medio ambiente, si pagarían más por este, si en la decisión de compra influían sus costumbres de separación y segregación de residuos, y se indagó por el nivel de conocimiento sobre la problemática.

Con el fin de obtener la visión de múltiples actores, se involucró de manera intersectorial a empresas de la cadena de transformación, manufactura y venta de plásticos, además de empresas de alimentos en la región y el país. Se realizaron entrevistas anónimas semiestructuradas a directivos de las áreas ambientales, técnicas y gerenciales para obtener información primaria, de manera directa, con respecto a los avances técnicos y económicos con bioplásticos; a las opciones y plazos concretos de migración a este material; a la madurez y transformación hacia la responsabilidad social y desarrollo sostenible corporativo; así como al cumplimiento y posición frente a la normatividad vigente y en curso de aprobación en Colombia. El marco legislativo se incluye porque es clave dentro de la investigación para dar respuesta a los objetivos planteados y presentar los resultados relevantes.

Revisión de literatura

Plástico empleado en empaques para alimentos de consumo masivo

El segmento de mercado más grande en la industria del plástico es el de empaque, cerca de la tercera parte de los plásticos en todo el mundo se transforma en empaques y envases, es decir, aproximadamente 100 millones de toneladas anuales (European Bioplastics, 2020). La Directiva 82/711 de la European Economic Community establece y define el concepto de los plásticos como: “compuesto macromolecular orgánico obtenido por polimerización, policondensación, poliadición u otro procedimiento similar a partir de moléculas de peso molecular inferior o por modificación química de macromoléculas naturales” (Arvanitoyannis et al., 2005). Los plásticos convencionales son polímeros elaborados con materias primas a partir de fuentes de origen fósil. En la tabla 1 se presentan los tipos de plásticos que son usados frecuentemente para empaques, algunas aplicaciones y ejemplos del tipo de productos, y el código de identificación dado por la sociedad de la industria del plástico.

Tabla 1. Termoplásticos comúnmente usados en empaques y código de identificación

Polímero	Aplicaciones	Productos alimenticios	Código de identificación
Poliétileno Tereftalato (PET)	Botellas	Botellas transparentes, aceites de cocina, bebidas carbonatadas, etc.	1
Poliétileno de alta densidad (PEAD)	Películas, botellas	Botellas de leche y jugos, productos de aseo y de cuidado personal (las botellas no son tan transparentes como las de PET).	2
Polivinil cloruro (PVC)	Películas, contenedores	Botellas de químicos (polichado de autos, herbicidas, helados).	3
Poliétileno de baja densidad (PEBD)	Películas, recubrimientos	Bolsas de transporte, bolsas de basura.	4
Polipropileno (PP)	Películas	Empaques de alimentos de larga vida (snacks, dulces, etc.).	5
Poliestireno (PS)	Contenedores	Contenedores de alimentos (comidas rápidas, snacks).	6
Otros	Películas, contenedores	Contenedores y empaques de alimentos (salsas, snacks).	7

Fuente: elaboración propia con información de Goodship (2007) y trabajo de campo.

Problemática en torno a los plásticos de un solo uso de empaques de alimentos

La fundación MacArthur predijo que la producción de plásticos se doblaría en las próximas dos décadas (Elias, 2018) y los plásticos de un solo uso es el segmento más grande de esta industria. El World Economic Forum (2016) reporta que solo una pequeña porción (14%) de los residuos de empaque es reciclado y más del 80% es dispuesto como basura, de la cual el 40% se dispone en relleno, 14% se incinera y el 32% es liberado al ambiente.

Manejo de residuos plásticos

A continuación, se presenta un resumen de las ventajas y desventajas que tienen cada una de las opciones de manejo de residuos plásticos, mencionados anteriormente.

- **Relleno sanitario:** es la forma convencional en la que se manejan los residuos, los cuales se acumulan en un espacio para rellenos, este sistema se está volviendo escaso en algunos países. Un relleno sanitario aún bien manejado resulta en un daño inmediato al ambiente, teniendo en cuenta los impactos en la recolección y el transporte, y la contaminación de los suelos y del agua subterránea, debido a algunos aditivos y a la degeneración de coproductos en plásticos (Oehlmann et al, 2009; Teuten et al., 2009). El mayor inconveniente de los rellenos, desde una perspectiva sostenible, es que ninguno de los materiales usados para producir el plástico es recuperado (Hopewell et al., 2009).
- **Incineración y recuperación de energía:** reduce la necesidad de rellenos para manejar la disminución de residuos de plástico; sin embargo, hay cuestionamientos sobre la liberación de sustancias peligrosas a la atmósfera en el proceso. La incineración puede ser usada para recuperar energía contenida en el plástico, que varía considerablemente dependiendo de si es usada para generación de electricidad, combinación de calor y energía, o como combustible. También es posible la licuefacción para producir combustible diésel o gasificación, a través de la pirólisis (Arvanitoyannis & Bosnea, 2001), y el interés de producir este combustible está creciendo por el aumento en los precios de

la gasolina. La recuperación de energía puede ser la forma más adecuada para lidiar con los plásticos mixtos (Hopewell et al., 2009).

- **Reúso:** hace cuarenta años el reúso posconsumo del empaque del vidrio era común. La limitación del reúso de contenedores rígidos ocurre —por lo menos parcialmente, desde el punto de vista logístico— donde los puntos de recolección son distantes de las fábricas que rellenan. Esta es una estrategia de nicho para empresas locales, pero no se considera una solución a gran escala. Hay un alcance considerable del reúso de manejo industrial para contenedores y estibas (Thompson et al, 2009).
- **Reciclaje:** debe llevarse a cabo de tal manera que minimice el nivel de contaminación a través de su proceso, y que, como resultado, incremente la eficiencia del proceso y conserve la energía. Las tecnologías de reciclaje han sido divididas en cuatro tipos generales: primario, secundario, terciario y cuaternario. El reciclaje primario incluye el procesamiento del residuo en un producto que se desempeñe de forma similar al producto original. El secundario incluye procesos en los que el residuo se convierte en un producto que no es similar a su original. En el reciclaje terciario, combustibles y químicos básicos son producidos a través de residuos plásticos, como parte de la corriente de residuos municipales o como un residuo segregado. El reciclaje cuaternario usa la energía contenida en los plásticos por medio de quemas o incineraciones (Siddiqui & Pandey, 2013). En la tabla 2 se muestra la habilidad actual en Europa para el reciclaje de los principales plásticos usados en empaques, donde el único que tiene ciclo cerrado de reciclaje es el PET.

Tabla 2. Efectividad de reciclaje según tipo de polímero

Polímero	Ciclo cerrado de reciclaje	Efectividad en el proceso actual de reciclaje
PET	Sí	Mayor con PET de botellas transparentes, las coloreadas son usadas para fibra, problemas adicionales con trazas de CPET y PET-G.
HDPE	Algunas	Mayor con botellas de HDPE natural, pero más complejo con botellas opacas y trazas debido a la variedad de grados, color y mezclas con LDPE y PP.
PVC	Algunas	Recuperación muy pobre debido a contaminación cruzada con PET, empaques y láminas de PVC presentan un mayor problema con botellas PET y plásticos mezclados.
LDPE	Algunas	Recuperación muy pobre, la mayoría mezclada con polifenoles que pueden tener suficientes propiedades para algunas aplicaciones.
PP	En teoría	No se recicla en posconsumo, pero tiene potencial. Necesita acción de separación y desarrollo de procesos de reciclaje.
PS	En teoría	Pobre, muy difícil de separar de colección mezclada, separarlo de los empaques industriales y la espuma de EPS puede tener un efecto considerable en la energía
Plásticos reciclados	Algunos	Este proceso de reciclaje está en desarrollo; el uso de agua, la emisión de gases, el tipo de proceso y la mezcla de diferentes tipos de plásticos afectan la eficiencia de la recolección.

Fuente: elaboración propia con información de Hopewell et al. (2009).

En la figura 1 se presenta el resultado del estudio realizado por la Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI) sobre la reciclabilidad potencial de empaques de alimento usados en Colombia. Dentro de los materiales de alto potencial hay PET cristal, PEAD y PEBD rígidos; en los de potencial medio están el PET rígido de otros colores y el flexible, así como el PEAD y PEBD flexibles; y, finalmente, en potencial bajo está el PS expandido (conocido en Colombia como icopor), el PVC y la mezcla de plásticos.

Potencial alto		Potencial Medio		Potencial Bajo	
Material	Potencial reciclabilidad	Material	Potencial reciclabilidad	Material	Potencial reciclabilidad
Corrugado	8,4	Sacos de papel	7,9	PS -Expandido	4,8
Papel	8,4	PET -Azul	7,6	PVC Rígido	4,8
Plegadiza	8,2	PET -Verde	7,6	PVC Flexible	4,7
PET -Cristal	8,3	Vidrio Cristal	7,6	PS -Alto impacto	4,5
PEAD Rígido	8,0	Vidrio Ambar	7,5	PET -Otro color	4,3
PEBD Rígido	8,0	Vidrio Verde	7,5	Otros -BOPA	4,0
PP Rígido	8,0	Metal No ferroso	7,5	Otros -EVA	3,8
Metal Ferroso	8,0	Vidrio Azul	7,0	Policarbonato	3,8
		Cartón para bebidas	7,0	Otros -EVOH	3,5
		PEAD Flexible	6,6	Otros -PHA	3,4
		PEBD Flexible	6,6	Otros flexibles	3,2
		PP Flexible	6,6	Surlyn	3,1
		Vidrio otro color	6,2	Acilonitrilo Butadieno Estireno	3,1
		PET -Clamshell	6,2	Estireno Acilonitrilo	2,7
		PET -Ambar	5,7	PLA	2,7
		PET flexible	5,4	EVA	2,7
		PS	5,2	Otros rígidos	2,7
		PET -Impreso (IML)	5,1	Etiquetas con resistencia a humedad	2,5
				Polyboard-Papel para bebidas	2,3
				Cartón Parafinado/encerado	2,3
				Papel Laminado / Multimaterial	2,3
				Cartón Laminado / Multilateral	2,3
				Papel Parafinado/encerado	2,3
				Multimaterial	2,3

Figura 1. Potencial de reciclabilidad para materiales de empaque

Fuente: Asociación Nacional de Empresarios de Colombia (ANDI), 2020.

Panorama de los residuos sólidos en la ciudad de Cali

En el año 2017 se generaron 657 mil toneladas de residuos en la ciudad de Cali (Greenpeace & Universidad de los Andes, 2019). La cantidad de residuos per cápita del municipio corresponde aproximadamente a 0.75 kg/hab/día, ubicando a la ciudad dentro del promedio en Latinoamérica y en segundo puesto en la producción de residuos del país (Alcaldía de Santiago de Cali, 2009). Es importante resaltar que el consumo de este material plástico en Colombia es de 1.25 millones de toneladas anuales (Greenpeace & Universidad de los Andes, 2019) en materias primas, materiales y empaques consumidos y comprados. En Colombia únicamente el 17% de todos los residuos sólidos, incluyendo los plásticos, son

reciclad, razón por la cual esta visión de economía circular y de un manejo adecuado de los residuos debe ir más allá de la disposición adecuada (Greenpeace & Universidad de los Andes, 2019).

Adicionalmente, existe una problemática social, los recicladores que cumplen un papel fundamental en la mitigación de la problemática ambiental, no cuentan con condiciones de trabajo adecuadas para ejercer su rol. En Colombia existen aproximadamente 50000 familias que dependen de ingresos derivados del reciclaje (Díaz Cano, 2018). A pesar de que los procesos organizativos han permitido que más recicladores mejoren las condiciones en que realizan su trabajo, los recicladores informales —que no han podido organizarse— persisten en su actividad en los botaderos a cielo abierto o mantienen sus prácticas riesgosas y el ejercicio precario de la actividad (Díaz Cano, 2018).

La empresa Socya como captador de PET, ha permitido la inclusión de 800 familias del sector del reciclaje y comercialización de 850 toneladas mensuales de plásticos. Cuenta con una capacidad instalada de 4200 ton/año para recuperar envases plásticos PET (Socya, 2016; Rojas, 2016). La empresa Enka también aporta considerablemente a la recuperación de botellas posconsumo PET, como lo indica en su informe de resultados, en el año 2022 realizó una inversión de USD 40 millones para duplicar la cantidad que recupera y pasar de 3 millones a 6 millones de botellas diarias, cerrando así su ciclo y produciendo resina apta para la fabricación de envases, en contacto con alimentos, en fibras de alto valor agregado (Enka, 2022; Valderrama et al., 2018).

Bioplásticos

Se denominan “bioplásticos” (BPL) a aquellos materiales plásticos certificados como biodegradables, que tienen su origen en materias orgánicas (recursos agrícolas, forestales y animales), en principio renovables. La figura 2 muestra los diferentes tipos de BPL existentes, clasificados por su origen. Los tipos más comunes de bioplásticos son basados en celulosa, almidón, ácido poliláctico (PLA) y poli-3hidroxibutirato (PHB). Los basados en celulosa son usualmente producidos de pulpa de madera y usados para hacer productos tipo películas, como envolturas.

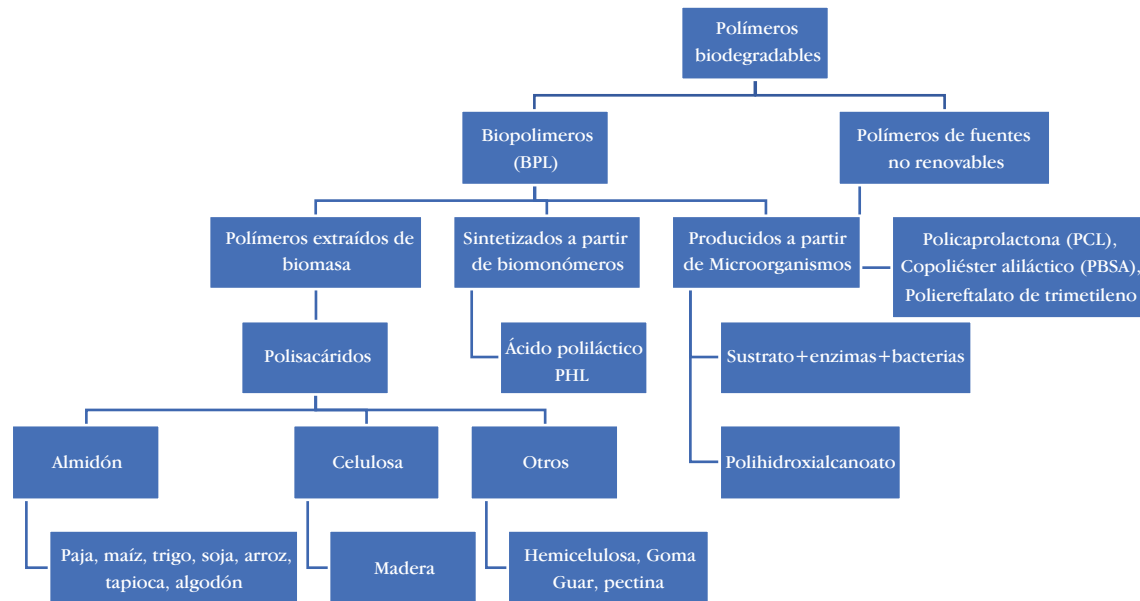


Figura 2. Clasificación de los BPL según su origen

Fuente: Ecoembes, 2009.

Manejo de residuos de bioplásticos

- **Reciclaje:** es la prioridad en cuanto a la estrategia de manejo de residuos, una vez el producto final es generado, se recoge y puede ser reciclado, biodegradado o utilizado para energía. Los bioplásticos también pueden ser usados para agricultura y jardinería, así como un recurso renovable en forma de biomasa, los cuales pueden utilizarse para extraer y procesar materias primas como almidón, aceite, azúcar y fibras para manufacturar bioplásticos de nuevo. El reciclaje de materiales incluye trituración, limpieza, fundición, formación de gránulos del desperdicio plástico y las características químicas del material permanecen sin cambiar (Sivan, 2011), mientras que la materia prima o el reciclaje químico implica la descomposición del plástico en sus monómeros. Por ejemplo, durante el reciclaje químico de bioplásticos, como el PLA, este se convierte en ácido láctico, el cual puede ser usado para otros propósitos.

Aunque es técnicamente factible reciclar bioplásticos (Claesen, 2005), la falta de un suministro continuo y confiable de residuos de bioplásticos hace que el reciclaje sea económicamente poco atractivo. Actualmente los bioplásticos

solo representan menos del 1% del total anual de la producción plástica. Además, al entrar en el flujo de residuos municipales, los bioplásticos pueden dar lugar a algunas complicaciones para los sistemas de reciclaje de plástico existentes: el almidón o las fibras naturales reducen el rendimiento de los materiales finales (Scott, 1995). Finalmente, para aplicaciones como el envasado de alimentos, a menudo se emplean películas de laminación multicapa con diferentes biopolímeros para mejorar las propiedades de barrera, como en los plásticos convencionales (Miller, 2005); sin embargo, esta heterogeneidad de composición en los materiales, pondrían en riesgo la reciclabilidad de los residuos de empaques en su manufactura y posconsumo (Song et al., 2011).

- Residuos a energía: la incineración es una opción para los bioplásticos. La fibra natural de celulosa y almidón tiene valores caloríficos brutos relativamente más bajos que el carbón, pero son similares a la madera, con valores todavía considerables para la incineración (Davis & Song, 2006). Adicionalmente, la producción de fibra y almidón consume energía significativamente más baja, en principio (Patel et al., 2003), y este contribuye positivamente al balance de energía en el ciclo de vida.
- Rellenos sanitarios: contrario a la concepción de que los materiales de bioplásticos son buenos porque “desaparecerían” si llegaran a rellenos, los residuos de bioplásticos y otros residuos biodegradables, como residuos de jardín, en los rellenos sanitarios pueden, bajo condiciones anaeróbicas, generar metano y Gases de Efecto Invernadero (GEI), con 23 veces el efecto del CO₂ (Hudgins, 1999).
- Tratamientos biológicos: a diferencia de los plásticos convencionales, los bioplásticos posconsumo pueden ser tratados biológicamente, por ejemplo, vía compostaje aerobio (Song et al., 2009), para generar carbono y nutrientes para mejoramiento del suelo, o vía digestión anaerobia (Ramsay et al., 1993; Mohee et al., 2008) para generar metano para energía. Sin embargo, no agrega valor si los residuos no entran en un sistema de manejo de residuos que utilice las características de biodegradabilidad. Los requerimientos de biodegradabilidad y certificaciones son diferentes; un bioplástico certificado

como “biodegradable” o “compostable” puede compostar bien en un compostaje industrial, a relativamente altas temperaturas, pero no tan bien en un compost casero.

- **Compostaje industrial (municipal):** es centralizado, acumula grandes cantidades de residuos orgánicos, recolectados de diferentes fuentes como parques, hogares y cocinas, y es tratado de forma aeróbica mediante la aireación, que es alcanzada volteando el residuo con intervalos regulares (Wilde, 2007). Los microorganismos degradan el residuo y lo convierten en humus, dióxido de carbono y agua, el proceso es acompañado de liberación de calor alcanzando entre 60 y 65 °C para los composteros a cielo abierto o más alta para los compostajes en contenedores, esto se conoce como la fase termofílica. Es importante porque asegura la destrucción de patógenos tanto para humanos como para las plantas, larvas de moscas y semillas. Los bioplásticos que cumplen con los estándares europeos EN13432 o de Estados Unidos ASTM D6400 pueden ser usados en compostaje industrial (Song et al., 2011). Algunos sistemas de compost pueden requerir modificaciones para incluir bioplásticos y al agregarlos en los residuos orgánicos se debe fomentar la conciencia pública de etiquetado, separación y recolección a nivel de hogares (Song et al., 2011).
- **Compostaje en el hogar (doméstico/jardín/patio):** adicional a los residuos de la cocina y el jardín, el compostaje de bioplásticos en el hogar puede desviar el residuo de la recolección municipal y complementar el compostaje industrial. Se debe tener en cuenta que es difícil regular el compost del hogar y que las condiciones anaerobias mal manejadas pueden derivar en la producción de metano. Adicionalmente, en el hogar se usan frascos o canecas, haciendo que sea más variable y menos óptimo que el compostaje industrial y la temperatura que se alcanza es solo unos grados centígrados más que la temperatura ambiente (Song et al., 2009), la cual está lejos de la fase termofílica (55-65 °C). Bajo condiciones del hogar, algunos bioplásticos certificados para compostaje industrial pueden no degradarse lo suficiente (Song et al., 2011).

- **Digestión anaerobia:** el biodesperdicio se convierte en productos útiles, como biogás y digestato, por medio de microorganismos en ausencia de aire, un amplio rango de bioresiduos de la agricultura y de la industria alimenticia pueden ser tratados en este proceso. Después de una reducción, el biodesperdicio es digerido en un tanque sellado por microorganismos presentes naturalmente, los cuales liberan ~60% de metano (CH_4), que puede ser usado como combustible, y ~40% dióxido de carbono (CO_2). El material digerido es rico en nutrientes como nitrógeno y potasio y puede ser utilizado como fertilizante y acondicionador de suelo, que —como beneficio combinado con la energía— hacen este proceso muy atractivo para el tratamiento biológico reduciendo las emisiones de GEI. Esta tecnología ha sido usada por muchos años para el tratamiento de efluentes. Más de 30 millones de digestores anaeróbicos, a pequeña escala, han sido usados para generar biogás para combustible en granjas rurales y hogares de China y más de 4 millones en India, a comparación de tan solo cerca de 4600 en Europa (The Andersons Centre, 2010).

Ventajas y desventajas de los bioplásticos

El futuro de los bioplásticos muestra un alto potencial. Estas son las ventajas más importantes:

- **Menor huella de carbono:** depende de si el plástico almacena permanentemente el carbono extraído del aire por la planta en crecimiento, si proviene de una fuente biológica secuestra el CO_2 en el proceso de fotosíntesis y si el bioplástico resultante se degrada de nuevo en CO_2 y agua, este secuestro es reversible. Pero un bioplástico permanente, similar a un plástico convencional, guarda CO_2 para siempre, incluso si el plástico es reciclado muchas veces, el CO_2 tomado inicialmente de la atmósfera permanece secuestrado (Chen, 2014).
- **Independencia:** el bioplástico es hecho de materiales renovables: maíz, caña de azúcar, soya y otras plantas, se opone al plástico común, que es derivado del petróleo (Yu & Chen, 2008).

- **Eficiencia energética:** la producción de bioplástico usa menos energía que los plásticos convencionales (Chen, 2014). Adicionalmente, con la escasez de petróleo, la manufactura del plástico convencional queda expuesta a fluctuación de precios (Chen, 2014).
- **Eco-seguridad:** los bioplásticos generan menos GEI y no contienen toxinas. Yu y Chen en el 2008 reportan que los bioplásticos contribuyen claramente al objetivo de mitigar los GEI, con solo 0.49 kg de CO₂ que ha sido emitido para la producción de 1 kg de resina, comparado con 2~3 kg de CO₂ de los petroquímicos, se estima una reducción de cerca del 80% del calentamiento global.

Estas son las principales desventajas de los bioplásticos:

- **Altos costos:** tienen un precio más alto que los plásticos convencionales. Sin embargo, se espera que a futuro haya reducciones, como resultado del crecimiento de la producción industrial a gran escala.
- **Problemas de reciclaje:** el material bioplástico puede contaminar el proceso de reciclaje si no se separa correctamente de los plásticos convencionales. Por ejemplo, trabajar con sistema de rayos infrarrojos no permite la separación de bioplásticos y puede contaminar los plásticos actuales.
- **Materias primas reducidas:** la producción con recursos renovables puede reducir las reservas de materia prima. Además, la explotación de subproductos alimenticios ya es una tendencia, lo cual favorece la reducción de energía en la producción de bioplásticos, pero aumenta la competencia potencial con los recursos agrícolas para alimentos (Lagaron & López-Rubio, 2011).
- **Mal entendimiento de términos:** el término bioplástico puede ser confuso por incluir el sufijo plástico. Además, algunas empresas han usado inapropiadamente los términos relacionados a bioplásticos, con el fin de hacer sus productos más atractivos. Lemas como: “ambientalmente amigable”, “no tóxico”, “totalmente degradable”, son un truco para el consumidor (Bezirhan & Duygu, 2015).

- **Falta de legislación:** Varios países no tienen legislación para su producción, uso o manejo de residuos (Bezirhan & Duygu, 2015), a pesar de que la producción de bioplásticos está proyectada para crecer de aproximadamente 2.2 millones de toneladas en el año 2022 a 6.3 millones de toneladas en el año 2027 (European Bioplastics, 2022).

Marco legal en Colombia

En la tabla 3 se presenta la legislación relevante con respecto a empaques plásticos para alimentos. Las más importantes son la resolución 1407 de 2018, que involucra a las compañías que comercializan empaques en el mercado —con el concepto de Responsabilidad Extendida al Productor (REP), que obliga a recuperar un porcentaje de las toneladas de material de empaque, específicamente para el año 2022 es el 12% y la meta es llegar al 30% para el año 2030—, el manejo y separación de residuos desde la fuente, el impuesto al uso de bolsas plásticas de un solo uso, prohibiciones específicas de plásticos de un solo uso con amplias excepciones, y la ley 1715 de 2014, que en su artículo 18 incluye el factor de la energía de residuos bajo el concepto de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER), como contenido energético de los residuos sólidos que no sean susceptibles de reutilización y reciclaje. No hay regulación a las importaciones de los materiales base para su fabricación, ni al ingreso de productos alimenticios importados empacados con plásticos.

Tabla 3. Legislación referente a manejo de residuos y plásticos

Normatividad	Decretada por	Concepto
Resolución 754 de 2014	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).
Conpes 3876 de 2016	Departamento Nacional de Planeación (DNP)	Política nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
Ley 1819 de 2016	Congreso de la República	Reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal.
Resolución 1407 de 2018	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal.
Resolución 1017 de 2018	Departamento Administrativo Distrital de Sostenibilidad Ambiental	Prohibición de la utilización de plástico e icopor de un uso en el distrito turístico, cultural e histórico de Santa Marta.
Resolución 1558 de 2019	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Prohibición del ingreso de plástico de un solo uso a los Parques Nacionales Naturales (PNN).

Resolución 2184 de 2019	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Uso racional de bolsas y los códigos de colores para separación de residuos en la fuente.
Ley 1973 de 2019	Congreso de la República	Regulación y prohibición de ingreso, comercialización y uso de bolsas y otros materiales plásticos en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina e islas menores que lo componen.
Decreto 0383 de 2019	Gobernación de Boyacá	Prohibición del plástico de un solo uso no biodegradable y el poliéster expandido en los procesos de contratación de la Gobernación.
Decreto 0129 de 2020	Gobernación departamento del Valle del Cauca	Prohibición del plástico de un solo uso no biodegradable y el poliéster expandido en los procesos de contratación de la Gobernación.
Decreto 164 de 2020	Gobernación de Santander	Prohibición del plástico de un solo uso no biodegradable y el poliéster expandido en los procesos de contratación de la Gobernación.

Fuente: elaboración propia con información de Minambiente (s. f.) y Leyes.co (s. f.).

Metodología

Área de estudio

La ciudad de Cali ubicada en la zona suroccidental de Colombia, en el departamento del Valle del Cauca, comprende un área de 564 km² (Alcaldía de Santiago de Cali, 2017). Limita al norte con los municipios de Yumbo y la Cumbre, al nororiente con Palmira, al oriente con Candelaria, al sur se encuentra el municipio de Jamundí, el área rural de Buenaventura, al suroccidente y Dagua al noroccidente (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014). La zona industrial la comprenden los municipios de Candelaria, Jamundí, Palmira, Yumbo y otros municipios, del departamento del Cauca, que son Puerto Tejada, Santander de Quilichao y Villa Rica. La región es el tercer centro económico del país, cuenta con más de 2000 empresas en sectores de alta producción a nivel nacional como aeronáutico, químico, de biotecnología, automotor, agroindustrial, de pesca, de alimentos, de bebidas, de tabaco y de confección (Amerquip, 2019).

Tipo de investigación y trabajo de campo

La investigación tiene un enfoque metodológico mixto ya que plantea un trabajo cuantitativo y cualitativo (Hernández et al, 2014). El enfoque cuantitativo usa información primaria analizada con herramientas estadísticas del software Minitab, con el fin de brindar información clave para caracterizar las respuestas por género, edad y estrato socioeconómico. Igualmente, usa la información secundaria para implicar las características de los plásticos derivados del petróleo, que los determina como resistentes y contaminantes, y para confirmar la realidad de las soluciones utilizando bioplásticos. El tipo cualitativo ayuda a entender, desde distintos puntos de vista, las razones que llevan al incremento en el consumo, la disposición y el respectivo impacto en los pilares de la sostenibilidad de los plásticos de envases de alimentos. También ayuda a analizar si hay forma de cambiar la tendencia a futuro, al considerar las posibles decisiones que podría tomar la población con respecto a reemplazarlos por bioplásticos. Se usa el Método Teórico Descriptivo para llenar los vacíos de la investigación con la observación en campo, ya que esta problemática requiere mayor detalle a las causas —tanto de los actores intersectoriales como de las relaciones interdisciplinarias— para plantear por qué no se ha realizado la migración a bioplásticos y las intenciones de hacerlo.

El universo (N) objetivo es la población de la ciudad de Cali y los municipios que pertenecen a su zona industrial, en los departamentos de Valle del Cauca y Cauca, para el año 2021, los cuales se observan en la tabla 4.

Tabla 4. Población de Cali y los municipios de su zona industrial

Ciudad	Departamento	Población (# habitantes)
Cali	Valle del Cauca	2264748
Candelaria	Valle del Cauca	24674
Jamundí	Valle del Cauca	131156
Palmira	Valle del Cauca	281662
Yumbo	Valle del Cauca	95731
Puerto Tejada	Cauca	36074
Santander de Quilichao	Cauca	52799
Villa Rica	Cauca	14570
Total		2901414

Fuente: elaboración propia con información tomada de DANE (s. f.).

Para las encuestas se calcula el número de muestra o cuestionarios a aplicar con base en el tamaño de la población usando la ecuación 1, las variables se definen en la tabla 5.

$$n_0 = \frac{P \times Q \times Z^2 \times N}{(N-1) \times E^2 + P \times Q \times Z^2} \quad (1)$$

Tabla 5. Definición de las variables de la ecuación de cálculo del tamaño de muestra

Variable	Definición
n_0	Tamaño de la muestra
P	Proporción de la población que tiene la característica que deseo estudiar (segregación y reciclaje de plásticos)
Q	Proporción de la población que no tiene la característica que deseo estudiar ($Q = 1 - P$)
Z	Nivel de confianza con la que se calcula el tamaño de muestra, tomado de la tabla de la curva normal estándar (entre 90% y 99%)
N	Tamaño total de la población
E	Error máximo permisible

Fuente: elaboración propia con información de Hernández et al. (2014).

Para este caso de estudio, el valor de P es 5%, que es el valor de reciclaje de plástico en la ciudad de Cali (“Solo 5% del plástico...”, 2020). En la ecuación 2 se calcula Q .

$$Q = 1 - \frac{5}{100} = 0.95 \quad (2)$$

Tomando un nivel de confianza de 97% ($Z = 2.17$) y un error máximo permisible $E = 4\%$, tenemos la ecuación 3.

$$n = \frac{0.05 \times 0.95 \times 2.17^2 \times 2901404}{(2901404 - 1) \times 0.04^2 + 0.05 \times 0.95 \times 2.17^2} \quad (3)$$

$$n = 140$$

Las encuestas se realizan en un rango que permite sacar resultados cuantitativos frente al rango de edad, género y estrato socioeconómico. Las entrevistas a los directivos de la industria de alimentos y manufactura de plásticos se realizan con el fin de incluir, como unidad de análisis, a los productores y actores que ponen los empaques en el mercado.

El trabajo consistió en realizar, entre enero y marzo de 2022, un total de 177 encuestas anónimas, con el fin de recibir respuestas abiertas y transparentes de las personas de la región. 152 encuestas se ejecutaron de manera virtual con formatos digitales y 25 presenciales con formatos impresos. Las encuestas contienen cuatro preguntas de caracterización de la población y 11 preguntas enfocadas a los objetivos, las cuales indagan sobre: si los consumidores tienen información sobre el problema que se genera por el uso de empaques plásticos y su inadecuada disposición (tres preguntas), los impactos del uso de derivados del petróleo (dos preguntas), si manejan programas de separación y reciclaje (dos preguntas), si conocen y hacen uso de bioplásticos (dos preguntas) y, finalmente, sobre su intención de pagar más por productos con menor afectación a la sostenibilidad (dos preguntas).

En el periodo comprendido entre diciembre de 2021 y febrero de 2022 se hicieron siete entrevistas semiestructuradas, de las cuales cuatro fueron a directivos de industrias de alimentos de consumo masivo y venta de materias primas, líderes en la región, y tres a ejecutivos de compañías de venta de materia prima y transformación de plásticos flexibles y rígidos derivados del petróleo. Se seleccionaron empresas de alimentos, con ventas a nivel nacional de alimentos de consumo masivo con empaques flexibles y rígidos, y se incluyó la comercialización de productos semiterminados; adicionalmente, se seleccionaron empresas ubicadas en diferentes zonas industriales en municipios cercanos a Cali y que sus ejecutivos tuvieran la disponibilidad e intención de participar en las entrevistas. Las preguntas estuvieron orientadas a obtener información sobre los avances de ensayos, estudios y comercialización de bioplásticos para los empaques de los productos (ocho preguntas); planes, estrategias y limitantes de la migración (siete preguntas); conciencia sostenible corporativa y responsabilidad social (seis preguntas) y cumplimiento de la legislación vigente y la posición sobre las nuevas tendencias normativas (tres preguntas). Como complemento, se cruzó la información con 13 observaciones de campo a productos que usan plásticos rígidos y flexibles, de marcas representativas de las cuatro empresas de alimentos entrevistadas, usando el código de identificación estándar del tipo de material plástico.

Resultados

Caracterización de las entrevistas

Para el rango del estrato socioeconómico, en la tabla 6 se presenta que el 32% de las personas encuestadas pertenecen a los estratos 1 y 2, el 51% a los estratos 3 y 4, y el 17% pertenece a los estratos 5 y 6. Frente a la estratificación socioeconómica de la población de Cali, hay diferencias excepto para los estratos 5 y 6. La distribución de la ciudad está dada de la siguiente forma: el 53% de la población de la ciudad se encuentra en los estratos bajos, el 30.6% en los estratos medio bajo, 14.4% en estrato medio y medio alto, y el 1.9% de la población pertenece al estrato alto (Zapata & Raquejo, 2013).

Tabla 6. Participación de personas en la encuesta por estrato socioeconómico

Estrato	Número de personas	Participación
1 – 2	57	32%
3 – 4	90	51%
5 – 6	30	17%

Fuente: elaboración propia con base en las encuestas a la población realizadas de enero a marzo de 2022.

Con respecto a la proporción de participación por sexo al nacer de los encuestados, según la tabla 7, el 51% son hombres y el 49% son mujeres, distribución similar a la ciudad de Cali, que para el año 2018 contaba con el 53.2% de mujeres y 46.8% de hombres (Saldarriaga, 2019).

Tabla 7. Participación por sexo al nacer de la encuesta

Sexo al nacer	Número de personas	Participación
Masculino	90	51%
Femenino	87	49%

Fuente: elaboración propia con base en las encuestas a la población realizadas de enero a marzo de 2022.

En la tabla 8 se muestra la estadística básica del rango de edad. La mitad de los encuestados se encuentra en el rango entre los 20 y 39 años, mientras que una menor proporción

de los encuestados superan los 55 años (13%), seguido de los menores de 20 años con el 16% y, finalmente, las personas entre 40 y 55 años con el 19% de participación.

Tabla 8. Participación de los encuestados por rango de edad

Rango de edad	Número de personas	Participación
Menor de 20 años	29	16%
Entre 20 y 29 años	46	26%
Entre 30 y 39 años	45	25%
Entre 40 y 55 años	34	19%
Mayor de 55 años	23	13%

Fuente: elaboración propia con base en las encuestas a la población realizadas de enero a marzo de 2022.

Materiales actuales y disposición final

Con el fin de identificar las alternativas de disposición de los materiales actuales para fines comparativos con los bioplásticos, primero se realizó la observación en el mercado para confirmar los materiales que usan las industrias de la región. Se obtuvieron muestras de los productos (snacks, salsas, bebidas y helados) de las cuatro empresas seleccionadas, identificados con los códigos estándar del tipo de material plástico. Es importante tener en cuenta que varias marcas y productos no contaban con la identificación, pero tienen especificado en el empaque el color de bolsa en la cual se debe disponer, cumpliendo con la resolución 2184 de 2019. Dentro de la muestra tomada para varias marcas y en diferentes establecimientos de la región no se encuentran empaques de bioplásticos. La muestra arrojó siete empaques rígidos y seis empaques flexibles como se observa en la tabla 9.

Tabla 9. Tipo de empaque de la muestra observada

Tipo de empaque	Cantidad	Participación
Empaques plásticos rígidos	7	54%
Empaques plásticos flexibles	6	46%
Total	13	100%

Fuente: elaboración propia con base en las muestras tomadas en el mercado en marzo de 2022.

En la tabla 10 se presenta la clasificación y porcentaje dentro de la muestra de los tipos de plásticos usados para los empaques, encontrando en mayor proporción PET, PP y otros (materiales flexibles de baja reciclabilidad compuestos por capas de diferentes plásticos, clasificados

con el código 7). En menor proporción se usan PEAD, PS y PVC. En la muestra observada no se encuentran alimentos con empaques de bioplásticos.

Tabla 10. Caracterización por tipo de plástico de los empaques observados

Tipo de plástico	Participación	Cantidad
PET	23%	3
PP	23%	3
Otros	23%	3
PEAD	15%	2
PS	8%	1
PVC	8%	1
Total	100%	13

Fuente: elaboración propia con base en las muestras tomadas en el mercado en marzo de 2022.

En términos de disposición final, con las encuestas se obtuvo información con respecto a la segregación, disposición y uso de programas establecidos de manejo final de residuos, encontrando brechas por estrato, ya que en promedio lo aplican el 56% de los encuestados de estratos 1 y 2, 60% de estratos 3 y 4, y un 70% los estratos 5 y 6. De manera general, el 77% de los encuestados consideran que hacen un trabajo de segregación y separación adecuado, y el 44% argumenta que adicionalmente hacen uso de algún programa de reciclaje para la disposición final.

Decisión de compra y preferencia del consumidor

La información y conocimiento del impacto del tipo de material, su uso como empaque de alimentos y la disposición final generan criterios de compra para el consumidor. Según los resultados de la encuesta, la población de los estratos 3 al 6 cuentan con un 10% más de información sobre la problemática generada por plásticos de un solo uso que los estratos 1 y 2. También es importante tener en cuenta que más del 40% de los participantes desconocen la existencia y las ventajas de los bioplásticos como material alternativo para el empaque de alimentos.

En el análisis se incluyó la influencia de los encuestados en la compra, el 66% del género masculino es decisivo en la compra dentro de sus hogares, mientras que la decisión por parte del género femenino es solo el 52%. Estos resultados guardan relación con el censo

del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) del año 2018, que refleja que la jefatura en los hogares colombianos lo asume el hombre con un 59.3% y las mujeres en un 40.7% (DANE, s. f.).

De igual manera se presentan los resultados sobre las preferencias de compra, ya que diferenciando por edades el 71% de las personas entre 40 y 55 años dentro de su criterio de decisión, evitan plásticos o prefieren que el empaque sea de un material más sostenible, mientras que solo un 34% de los menores de 20 años lo tienen en cuenta, lo cual está asociado al poder adquisitivo. El comportamiento también se puede diferenciar por estratos, como se refleja en la figura 3, dado que el material influye en la decisión de la compra en mayor proporción en los estratos 3 y 4 con 59%, seguido por un 53% de los estratos 5 y 6, y el más bajo es de los estratos 1 y 2 con 44% de las personas respondiendo afirmativamente a la consulta.

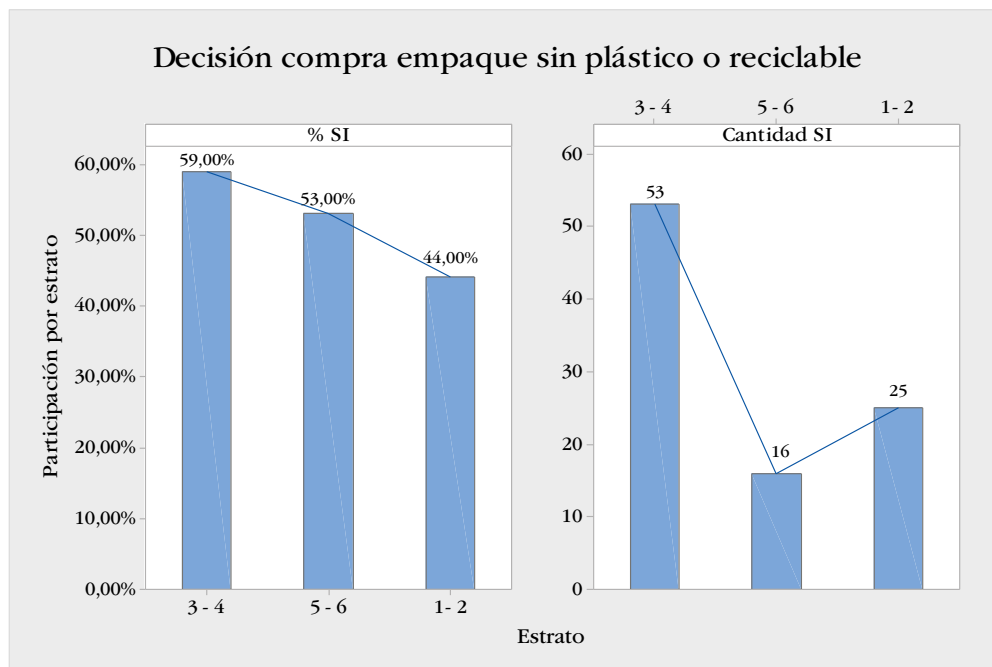


Figura 3. Decisión de compra de alimentos por estrato teniendo en cuenta empaques sin plástico o de materiales reciclables

Fuente: elaboración propia con base en las encuestas a la población realizadas de enero a marzo de 2022.

Resultados sobre materiales bioplásticos

Con el objetivo de encontrar las razones por las que no se encuentran alimentos de consumo masivo con empaques de bioplástico en la región de estudio, se indagó con los encuestados la intención de pagar un sobrepago por los alimentos, al igual que con los entrevistados sobre la determinación de migrar a dicho material. La mayoría de los encuestados argumenta tener la intención de pagar más por productos con impacto sostenible positivo, los mayores de 55 años en su totalidad y los demás en un 84%. De manera diferenciada, el 80% de las personas están dispuestas a pagar más por productos con empaques de bioplástico y el 86% por productos con materiales positivos para el medio ambiente.

En la tabla 11 se observa un resumen de las empresas que han tenido avances frente a la migración a empaques de bioplásticos, ya sea porque lo incorporan en la etapa de empaque, en el caso de las empresas de alimentos, o porque lo demandan los clientes, en el caso de industrias fabricantes de plásticos. Se muestra si han realizado o no estudios de mercado con métricas de clientes potenciales, estudios de viabilidad económica, estudios técnicos de funcionabilidad del empaque, de vida útil del bioplástico y del alimento, análisis de compromisos de tiempos de entrega de los proveedores, análisis de condiciones de almacenamiento del material empaque y pruebas de transporte con productos ya empacados.

Tabla 11. Análisis realizados por las empresas para el uso de bioplásticos en sus empaques

Tipo Empresa	Empresa	Estudio Mercado	Estudio Económico	Estudio Técnico	Vida útil	Tiempo entrega bioplástico	Almacenamiento material empaque	Pruebas transporte
Alimentos	A	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
	B	NO	SI	SI	NO	NO	NO	NO
	C	NO	SI	NO	NO	SI	SI	NO
	D	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Plásticos	E	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO
	F	NO	SI	SI	SI	SI	N/A	NO
	G	NO	NO	SI	SI	SI	N/A	NO
# Estudios		1	5	5	4	3	2	1
Porcentaje		14%	71%	71%	57%	43%	29%	14%

Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas a los ejecutivos de la industria, realizadas de diciembre de 2021 a febrero de 2022.

Solamente la empresa de alimentos A, ha realizado un análisis con intención de migrar a bioplásticos incluyendo al consumidor dentro del ejercicio, solo tiene pendiente el análisis de tiempos de entrega del empaque. Se han hecho trabajos para evaluar precios y análisis técnicos por parte de cinco empresas, y cuatro han ejecutado análisis de vida útil del producto, para no afectar la seguridad alimentaria y evitar pérdidas de producto por las capacidades de barrera de los bioplásticos, entendiendo la barrera como la especificación del empaque que permite migración de agua y humedad hacia el producto en el tiempo. Tan solo un 14% de las empresas tiene avances significativos de ensayos de integridad de los bioplásticos en su almacenamiento y el 29% de pruebas de transporte con producto empacado con bioplásticos. Es una generalidad que las pruebas han sido con muestras, pero no a nivel industrial.

Los ejecutivos de la industria entrevistados respondieron en su totalidad que actualmente no venden empaques o envases de bioplásticos, ni tienen productos en el mercado empacados con bioplásticos en el país. Sin embargo, un 75% de las empresas de alimentos y el 67% de las industrias de plásticos tienen la intención de hacer pruebas con bioplásticos con un horizonte entre ocho y diez años, para que en más de una década inicie la migración de materiales. Se busca superar el mayor obstáculo que es el alto precio, ya que el 86% de los entrevistados lo ven como la limitante principal del cambio, cuyas causas son la dificultad de disponibilidad en el país con altos tiempos de entrega, la baja demanda, la falta de educación ambiental del consumidor y la flexibilidad legislativa frente a los plásticos derivados del petróleo usados.

Legislación y responsabilidad social

Los resultados relevantes sobre la normatividad y las estrategias de responsabilidad de las empresas entrevistadas se incluyen dentro del análisis ya que, por ejemplo, solamente el 14%, correspondiente a una empresa de alimentos del total de las siete entrevistadas, tiene programas de educación ambiental, manejo y disposición de sus residuos al público, enfocados a la comunidad y los consumidores. Las demás tan solo tienen programas internos con alcance solamente a sus trabajadores.

El 100% de los ejecutivos entrevistados tienen conocimiento de la legislación referente a plásticos en Colombia y coinciden en que las disposiciones legales hacen parte del camino para involucrar también al Estado, incluyendo normatividad tanto para las empresas locales

como para las empresas importadoras de productos. En la tabla 12 se presentan los resultados por tipo de industria y el total de las empresas que cuentan con indicadores de sostenibilidad o economía circular, e indicadores de recuperación de empaques en el mercado. El 86% de las empresas entrevistadas tienen indicadores de sostenibilidad o economía circular, es decir que solo una no cuenta con estos. Así mismo, gracias a la resolución 1407 de 2018 todas las empresas de alimentos cuentan con indicadores de recuperación de plásticos puestos en el mercado, pero solo una de las tres empresas de plásticos lo tienen. Los entrevistados de la industria del plástico aclararon que si la legislación aplicara también para ellos tendrían los indicadores y realizarían la recolección.

Tabla 12. Gestión sobre indicadores sostenibles de las empresas entrevistadas

Tipo de indicadores	Empresas de alimentos	Empresas de plásticos	Total empresas
Sostenibilidad o economía circular	100%	67%	86%
Recuperación empaques en el mercado	100%	33%	71%

Fuente: elaboración propia con base en las entrevistas a los ejecutivos de la industria realizadas de diciembre de 2021 a febrero de 2022.

Discusión

Disposición final de materiales actuales y bioplásticos

Los empaques de los productos observados en el mercado que usan PET y PEAD para sus envases rígidos pueden tener un ciclo cerrado de reciclaje (Hopewell et al., 2009); sin embargo, es importante diferenciar los colorantes que tiene el material ya que —con base en el estudio de reciclabilidad realizado en el país por parte de la ANDI— el PET y PEAD cristal tienen un potencial alto de reciclabilidad, mientras que para el PET y PEAD ámbar y de colores opacos es medio, debido a que pueden contener mezclas con trazas de C-PET y PET-G, en el caso del PET, así como de PEBD y PP para el PEAD, como lo argumentan Hopewell et al. (2009).

En el caso del PP se diferencia entre el rígido y el flexible, el primero tiene un potencial de reciclabilidad alto mientras que el otro es medio, según el estudio de la ANDI (2020).

En los resultados de la observación se encontró un producto con un empaque en PP rígido y otro flexible. Según Galvis (2014), este material, aunque en teoría es reciclable y ampliamente usado, en la práctica no se recicla debido a que disminuyen sus propiedades mecánicas, a pesar de conservar sus propiedades químicas, además, no se facilita la separación del PP no alimentario, de modo que requiere mayor demanda en aplicaciones con material reciclado para potenciar las tecnologías y usos.

Para los demás materiales de los empaques observados, la recuperación es menos común debido a su bajo potencial de reciclabilidad (ANDI 2020). Por su parte, el PVC es el que más opciones tiene de recuperación a nivel industrial y textil, aunque no es fácil porque puede tener contaminación cruzada con PET y plásticos reciclados. Y la recuperación de los “otros” —material laminado con capas de diferentes tipos de plástico— también es compleja porque es difícil de separar y aprovechar, al igual que el PS, son empaques que, en general, no tienen destino de recuperación por el costo y la demanda energética (Hopewell et al., 2009).

Tan solo el 31% de los productos observados cuentan con alto potencial y facilidad de reciclarse, el 31% con un potencial medio y un 38% con bajo potencial, significa que su disposición más probable es en un relleno sanitario o en fuentes hídricas. Teniendo en cuenta la disposición actual de los residuos —y sabiendo que, contrario a la concepción de que los materiales de bioplásticos son buenos porque “desaparecerían” si llegaran a rellenos, los residuos de bioplásticos y otros residuos biodegradables pueden, bajo condiciones anaeróbicas, generar metano, un GEI con 23 veces el efecto del CO₂ (Hudgins, 1999)—, no es sostenible, ni económica ni ambientalmente, pasar a empaques bioplásticos, ya que se sumaría otra bolsa al programa de recolección con destino al relleno, igual que los orgánicos y muchos de los reciclables, sin solucionar la problemática actual del uso de plástico.

El 77% de los encuestados argumentan que segregan y separan en sus hogares y trabajos; sin embargo, el periódico El País (2020) informó que el porcentaje oficial de reciclaje de plásticos en la ciudad de Cali es del 5%, lo cual se entiende por varios motivos: la baja reciclabilidad de los materiales que se usan; la carencia de programas estructurados y efectivos de recolección y reciclaje, para la cantidad de residuos generados; el incumplimiento de la resolución 2184 de 2019, sobre los códigos de colores para separación de residuos en la fuente; y la falta de multas e incentivos, como lo expresa Linda Breukers, líder del Plan Nacional para la Gestión Sostenible de Plásticos (Administración Uniandes, 2020).

Uno de los principales problemas es la falta de rutas selectivas de recolección de residuos, lo que desmotiva a la ciudadanía a separar por bolsas de colores porque se terminan mezclando en el mismo camión, sin que resulten consecuencias para el consumidor o la empresa de recolección que no cumple, además, los puntos de segregación y reciclaje son insuficientes y en ocasiones lejanos a las concentraciones de generación de residuos, convirtiéndose en esfuerzos aislados de una baja proporción de la población.

En cuanto al Valle del Cauca, existen empresas para el manejo de residuos sólidos; sin embargo, la calidad objetable de los productos y las dificultades de la comercialización son indicadores de que los Planes de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) no están cumpliendo el propósito para el que fueron proyectados. La sensibilización de los usuarios, el desarrollo tecnológico con visión local y el fortalecimiento de la gestión administrativa, soportados con un marco normativo que estimule el aprovechamiento, son elementos clave para dirigir el funcionamiento de los PMRS hacia la gestión integral y sostenible de los residuos sólidos (Marmolejo et al, 2011).

Adicionalmente, el uso de bioplásticos requeriría capacitación e incentivos para su correcta separación y recolección, y recordemos que los recicladores de Colombia y Latinoamérica pertenecen, en su mayoría, a los sectores más vulnerables y pobres de la sociedad (The Economist Intelligence Unit, 2017). Es necesario que el Gobierno implemente medidas para mejorar la información de afiliaciones a cooperativas, que existe actualmente, y que establezca incentivos apropiados que deriven en que los actuales recicladores formen organizaciones. Otro asunto a tener en cuenta es que los usuarios no separan materiales en forma apropiada y continua, por lo tanto, el Gobierno debe invertir en campañas de separación y establecer sanciones e incentivos para que los recicladores obtengan calidad y cantidad de materiales reciclables (The Economist Intelligence Unit, 2017).

Las cifras oficiales de Colombia, en las que únicamente el 17% de todos los residuos sólidos, incluyendo los plásticos, son reciclados (Greenpeace & Universidad de los Andes, 2019) y tan solo el 5% de los plásticos en Cali, no cruzan coherentemente con que el 44% de los encuestados usan programas de reciclaje para disposición final. De modo que es importante incluir dentro del análisis los programas de educación ambiental y su efectividad, para entender si los esfuerzos de las personas se están quedando en buenas intenciones, pero con falta de conocimiento.

Preferencias y criterios de compra del consumidor

En las encuestas el 80% de las personas afirmaron que están dispuestas a pagar más por productos con empaques de bioplásticos y un 86% por empaques con impactos positivos para el medio ambiente; sin embargo, los entrevistados de la industria afirman que esto no es así en realidad porque el mercado actual se mueve principalmente por precio. Los industriales no están dispuestos a generar pérdidas de rentabilidad por el uso de materiales más caros y, si se transfiere el sobre costo al consumidor en el precio final, se generaría pérdida de ventas, porque las compras se trasladarían a la oferta de precio más bajo, aún si tiene empaques con plásticos derivados del petróleo. Lo cual no solo ocurre en el país, ya que el estudio realizado por Herrmann et al. (2022) en Alemania, con 260 personas, refleja que hay preferencia por los empaques de alimentos de papel y materiales reciclados sobre el plástico e incluso el bioplástico, a pesar de que su nombre genera confusión en algunas personas por llevar el sufijo “plástico”, que no brinda la seguridad de ser sostenible, esto asociado a deficiencias en la educación y entrega de información al consumidor sobre los bioplásticos.

De las personas encuestadas solamente el 58% conoce las ventajas de los bioplásticos. En el estudio realizado en Alemania hay una disposición marcada a pagar más por alternativas sostenibles por parte de los consumidores encuestados, aunque plantean que no siempre lo hacen por falta de disponibilidad en los mercados donde compran o para los productos específicos que usan, porque la industria continúa usando plásticos derivados del petróleo (Herrmann et al., 2022). Finalmente, se recomienda cruzar la información con la percepción que tienen las empresas, que esto no se traduce en la realidad a la hora de pagar por los productos, análisis que se complementa en el presente documento incluyendo la posición de los industriales.

Los criterios y preferencias para las compras por parte de los consumidores están estrechamente ligados a la información con la que cuentan y a la educación recibida sobre los impactos de los materiales en la sostenibilidad. Si bien parece que la educación ambiental ha sido más ampliamente distribuida y todas las personas encuestadas, a pesar de su estrato, disponen de esta, no existe una medición que sea real en cuanto a los impactos de la educación ambiental, que se ha instaurado en los últimos tiempos. Como lo mencionan Medina y Páramo (2014), en su investigación de la educación ambiental en América Latina, el

acuerdo internacional sobre la importancia de la educación ambiental ha sido ampliamente respaldado, no existe un único acercamiento sobre la forma en que debe aplicarse, sobre las acciones puntuales que se esperan de los actores educativos (Sauvé, 2004).

Aplicado específicamente a esta investigación, se podría decir que, el hecho de que todas las personas encuestadas conozcan el impacto del plástico, es un avance en la aplicación de la educación ambiental, pero se esperaría una disminución del plástico de un solo uso en la ciudad o, en su defecto, un mayor porcentaje de reciclaje en las ciudades como resultado de la educación ambiental. Sin embargo, y reiterando lo mencionado anteriormente, Chawla y Derr (2012), en su revisión sobre educación ambiental, encontraron que la mayoría de los trabajos no evalúan la efectividad de las intervenciones en términos comportamentales y que aún son predominantes los artículos de carácter descriptivo (Medina & Páramo, 2014). Es decir, que actualmente hay una brecha entre la educación ambiental y los objetivos de sostenibilidad. Sería importante, a través de un próximo estudio, interrogar en qué ámbito aprendieron las personas el impacto del plástico y en definitiva qué definen como “negativo”, pues no necesariamente la pregunta tiene que involucrar una respuesta netamente ambiental.

Limitantes de la transición a empaques bioplásticos

Con base en la investigación realizada, a pesar de que los bioplásticos tienen un gran potencial, las empresas entrevistadas no han priorizado los estudios y evaluaciones con estos materiales, ya que el 86% considera que el alto precio es una limitante clave para usarlo en el empaque de sus productos. Como lo exponen Lagaron y López-Rubio (2011), el primer componente del costo es la materia prima que tiene reservas limitadas y compite por tierras, que pueden usarse para alimento con la misma base de maíz, papa, caña de azúcar, soya, entre otras. Otro factor es que tiene una tecnología incipiente que se ha desarrollado por el momento fuera del país, de modo que todos los bioplásticos industriales son importados, con precios de compra en dólares y euros, lo que genera una desventaja frente a otros materiales con tecnologías más desarrolladas en Colombia.

Como lo argumentan los entrevistados, el precio de los bioplásticos ha bajado en la última década como consecuencia del crecimiento de sus aplicaciones y, en especial, de la migración en Europa, como se ha venido proyectando en la última década. Sin embargo,

sigue dependiendo del sistema de la libre oferta y demanda, según lo expresan las asociaciones y fabricantes, así como de las fluctuaciones de la Tasa Representativa del Mercado (TRM) y del precio del petróleo (Revista Magazine Plástico, 2020). Así mismo lo exponen los ejecutivos entrevistados, que mientras la demanda no aumente vía exigencia al productor y la ley no lo respalde, no van a bajar los precios.

Lo cual introduce al tema clave de la legislación con un actor principal que es el Estado, ya que las empresas están enteradas en su totalidad de la legislación vigente, que aplica para plásticos, residuos sólidos, REP, licencias y reglamentación ambiental, responsabilidad social, así como lo referente a empaques y envases de alimentos. Incluso los entrevistados argumentaron que cumplen con los porcentajes anuales de economía circular de empaques gracias a la resolución 1407 de 2018, debido a la REP obligatoria, así mismo, las empresas que no están obligadas, no tienen indicadores de recuperación de plásticos puestos en el mercado. Todos los entrevistados afirmaron tener programas ambientales de manejo y disposición de residuos internos y capacitación a sus colaboradores porque están obligados por el decreto 1299 de 2008, que incluye la creación de un Departamento de Gestión Ambiental de las empresas a nivel industrial, decreto que en el numeral 8, del artículo 6, exige actividades de formación y capacitación a todos los niveles de la empresa en materia ambiental.

Esto refleja que, si la ley es clara, con metas y plazos, y si, además, cuenta con multas y sanciones, con seguimiento y auditorías frecuentes de los entes gubernamentales, es adoptada y se cumple por parte de las empresas. De modo que es necesario incluir a todos los actores y, como lo argumentan los ejecutivos entrevistados, no pueden quedar por fuera las importaciones para que se cumpla el objetivo sostenible. El país vive un momento histórico con respecto a la legislación sobre plásticos de un solo uso con la aprobación del proyecto de Ley 213 de la reducción de producción y consumo, pendiente por sancionar y divulgar, según información del medio El Universal (2022); aunque solo prohíbe entre el 6% y 7% de los plásticos de un solo uso, como lo argumenta Daniel Mitchell, presidente de la Asociación Colombiana de Industrias Plásticas (Acoplásticos), en el periódico El Tiempo (2022). Y los empaques de alimentos de consumo masivo de este análisis no hacen parte de la prohibición de producción y distribución, de modo que se vuelve al mismo punto de partida.

Se debe incluir políticas de recolección de la mano con potenciar el real uso de estos residuos, puesto que “recolectar no es reciclar” (Samaniego et al., 2021), como quedó en evidencia cuando salió a la luz, que las altas tasas de reciclabilidad en Europa y en otros países correspondían a una elevada capacidad de recolección para la exportación de los residuos a China (Samaniego et al., 2021). El foco debe ser atacar de raíz el problema, como los mismos empresarios encuestados lo han expresado, incluyendo al Gobierno como agente de transformación cultural acompañando el proceso, desde la educación de la población hasta garantizar la infraestructura. Como se discutió anteriormente, la infraestructura actual no puede brindar soluciones para la problemática del país, y si se tuviera, se debe hacer obligatorio su uso. Esto para evitar lo que ocurre en Chile, que tiene una capacidad ociosa de las plantas de reciclaje del país, es decir sin uso, cercana a la mitad de la capacidad instalada, debido a que, por las bajas tasas de reciclaje, no reciben la cantidad de material para su aprovechamiento (Alianza Basura Cero, 2021).

Para vender, distribuir y hacer uso de materiales bioplásticos para empaque de alimentos, el país debe, además, cumplir y certificarse en los estándares europeos EN13432 o de Estados Unidos ASTM D6400, con el fin de garantizar la inocuidad alimentaria y el fin del ciclo de vida, y que sean usados en compostaje industrial (Song et al., 2011). Este es un proceso detallado que requiere trabajo por parte de las empresas y la especialización de entes regulatorios. En el marco de los bioplásticos, tanto las plantas de reciclaje como de compostaje industrial pueden necesitar modificaciones para incluir bioplásticos (Song et al., 2011). Esto implica otra brecha en el desarrollo económico y ambiental actual, puesto que, si las plantas están subutilizadas por falta de materia prima, hacer otra inversión —sin garantizar que llegue la calidad de producto que necesitan— es económicamente inviable. También sería inviable ambientalmente, ya que, si no pueden ser tratadas por los medios que existen actualmente, es posible que terminen eventualmente en el relleno.

Conclusiones

Los bioplásticos son compostables bajo condiciones controladas con las que no cuentan los rellenos sanitarios, de modo que podrían generar GEI, por lo tanto, su disposición final implica una gestión similar a la de los plásticos derivados del petróleo, que no cuentan con la alternativa

de ser compostables. Teniendo en cuenta que las estrategias de separación desde la fuente, la logística del manejo de los residuos y la infraestructura, no son adecuadas para la disposición final de los materiales de empaques de alimentos en la actualidad, la inclusión de bioplásticos agregaría un material más, al 95% de los que cierran su ciclo de vida útil en rellenos sanitarios o fuentes hídricas.

El 80% de la muestra afirma su disposición a pagar más por productos con empaques de bioplásticos y un 86% por empaques más sostenibles. Sin embargo, los industriales entrevistados expresaron, desde su experiencia, que las personas en realidad no pagan más —prefieren consumir productos de bajo precio, aunque sus empaques sean de derivados de petróleo—, teniendo en cuenta que los sobrecostos se transfieren al consumidor en el precio de venta del producto. Esto concuerda con el 47% de los encuestados, para quienes el material de empaque no influye en su decisión de compra de los productos.

La razón principal por la cual las empresas de alimentos no migran al uso de bioplásticos es por el alto costo del material, ya que como no están dispuestos a perder rentabilidad, el aumento de precios de sus productos generaría pérdida en las ventas. Además, porque la legislación no está alineada con la dimensión del problema, que requiere incluir responsables, plazos, controles, sanciones e incentivos sobre el uso de materiales reciclados y el alto potencial de reciclabilidad para los empaques de alimentos de consumo masivo, así como su recuperación en el mercado, mediante una economía circular que cierre el ciclo de vida del material.

Hay otros factores importantes para que se logre la migración a empaques bioplásticos, por una parte, los programas de educación —con indicadores de efectividad en desarrollo sostenible y economía circular— dirigidos a la población de todos los estratos socioeconómicos y edades, para que se fomente la demanda de bioplásticos y el uso de materiales más sostenibles, y que se produzcan los desarrollos tecnológicos, la mejora de infraestructura y la disminución de precios, que son un obstáculo en la actualidad para su uso. Por otro lado, la estructura y logística de los sistemas de recolección de residuos sólidos y de reciclaje, incluyendo la función de los recicladores, que cumplen un rol vital en la cadena de economía circular y tienen en su mayoría trabajos informales, con condiciones de trabajo vulnerables y riesgosas. Estos dos temas requieren investigaciones detalladas a futuro.

Referencias

- Administración Uniandes. (2020, 12 de julio). *¿Existen alternativas al manejo del plástico de un solo uso?* [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=jRSKHPAr24c>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2009). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGRIS. 2004-2019*. <https://www.cali.gov.co/publico2/documentos/varios/pgris.pdf>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2014). *Geografía de Cali*. https://www.cali.gov.co/informatica/publicaciones/106104/geografia_de_cali/
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2017). *Datos de Cali y el Valle del Cauca*. https://www.cali.gov.co/gobierno/publicaciones/227/datos_de_cali_y_el_valle_del_cauca/
- Alianza Basura Cero. (2021). *Situación actual sobre la importación y exportación de residuos plásticos en Chile* [Informe]. <https://basuracerochile.files.wordpress.com/2021/05/informe-situacion-actual-sobre-la-imp-y-exp-de-residuos-plasticos-2021.pdf>
- Amerquip. (2019, 19 de julio). Cali: la ciudad clave para el desarrollo de la industria colombiana. *Amerquip*. <https://www.amerquip.com/cali-la-ciudad-clave-para-el-desarrollo-de-la-industria-colombiana/>
- Arvanitoyannis, I. S., Chorefakti, S., & Tserkezou, P. (2005, diciembre). An update of EU legislation (Directives and Regulations) on food-related issues (Safety, Hygiene, Packaging, Technology, GMOs, Additives, Radiation, Labelling): presentation and comments. *International Journal of Food Science and Technology*, 40(10), 1021-1112. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01113.x>
- Arvanitoyannis, I. y Bosnea, L. (2001). Recycling of polymeric materials used for food packaging: current status and perspectives. *Food Reviews International*, 17(3), 291-346. <https://doi.org/10.1081/FRI-100104703>
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. (2020). *Visión 30/30. Gestión de empaques y envases – Un proyecto que ayuda al planeta*. ANDI; MÁS PAÍS. <https://www.andi.com.co/Home/Pagina/1040-vision-3030-gestion-de-envases-y-empaque>
- Bezirhan, E. & Duygu H. (2015). A Review: Investigation of Bioplastics. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, 9, 188-192. <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2015.02.007>
- Chawla, L., & Derr, V. (2012). The development of conservation behaviors in childhood and youth. En S. Clayton (Ed.), *The Oxford handbook of environmental and conservative psychology* (pp. 527-555). Oxford University Press.
- Chen, Y. J. (2014). Bioplastics and Their Role in Achieving Global Sustainability. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6(1), 226-231. <https://www.jocpr.com/articles/bioplastics-and-their-role-in-achieving-global-sustainability.pdf>

- Claesen, C. (2005. 08-09 de marzo). *Hycail-more than the other PLA producer*. RSC Symposium Sustainable Plastics: Biodegradability vs Recycling. RSC Interest Group Speciality Chemicals, Manchester, UK.
- Davis, G., & Song, J. H. (2006, marzo). Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management. *Industrial Crops and Products*, 23(2), 147-161. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.05.004>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (s. f.). *Censo nacional de población y vivienda 2018*. DANE. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion>
- Díaz Cano, M. (2018). *Los recicladores y su derecho a participar. Logros jurídicos, política pública y organización en Colombia* [Serie Investigación]. Universidad Sergio Arboleda. <https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/1493/LOS%20RECICLADORES%20Y%20SU%20DERECHO%20A%20PARTICIPAR.pdf?sequence=1&is-Allowed=y>
- Ecoembes (Ecoembalajes España S.A.). (2009, septiembre). Proyecto de análisis de bioplásticos.
- Elias, S. A. (2018). Plastics in the ocean. *Encyclopedia of the Anthropocene*, 1, 133-149. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.10514-2>
- El País. (2020, 4 de diciembre). Solo 5 % del plástico usado en Cali es reciclado, vea el panorama. *El País*. <https://www.elpais.com.co/contenido-premium/solo-5-del-plastico-usado-en-cali-es-reciclado-vea-el-panorama.html>
- El Tiempo. (2021, Octubre 14). Aprobado proyecto que prohíbe los plásticos de un solo uso en Colombia. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/politica/congreso/aprobado-proyecto-que-prohibe-los-plasticos-de-un-solo-uso-en-colombia-676989>
- El Universal. (2021, Septiembre 12). A conciliación ley que reducirá el uso de los plásticos de un solo uso. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.co/colombia/a-conciliacion-ley-que-reducira-el-uso-de-los-plasticos-de-un-solo-uso-GY6634822>
- Enka. (2022). *Informe de Resultados. Acumulado al cuarto trimestre de 2022*. <https://www.enka.com.co/wp-content/uploads/2023/03/Informe-trimestral-2022-Q4.pdf>
- European Bioplastics (2020). *BIOPLASTICS facts and figures*.
- European Bioplastics (2022). *Bioplastics market data*. <https://www.european-bioplastics.org/market/>
- Galvis, N. (2014). *Caracterización del polipropileno reciclado disponible a partir de tapas, para reincorporarlo en procesos productivos, mezclado con polipropileno virgen* (Tesis de grado). Universidad Eafit. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/8278/Nataly_GalvisGutierrez_2014.pdf

- Geyer, R., Jambeck, R.J., & Law, L.K. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3, 1–5.
- Goodship, V. (2007). Plastic Recycling. *Science Progress*, 90 (4), 245-268.
- Greenpeace, & Universidad de los Andes. (2019). *Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente* [Campaña Plásticos. Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP)]. http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). Mc Graw Hill; Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Herrmann, C., Rhein, S., & Sträter, K. F. (2022, junio). Consumers' sustainability-related perception of and willingness-to-pay for food packaging alternatives. *Resources, Conservation and Recycling*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106219>
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Koslor, E. (2009). Plastics Recycling: Challenges and Opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 364(1526), 2115-2126. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311>
- Hudgins, M. (1999, 07-09 de abril). *Aerobic landfill studies from the USA*. 1st International Conference on Solid Waste. Pontificia Universitas Urbaniana, Rome, Italy.
- Lagaron, J. M., & López-Rubio, A. (2011, noviembre). Nanotechnology for Bioplastics: Opportunities, Challenges and Strategies. *Trends in Food Science and Technology*, 22(11), 611-617. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.01.007>
- Leyes.co. (s. f.). *Legislación colombiana*. <https://leyes.co/>
- Revista Magazine Plástico. (2020, 3 de agosto). Los bioplásticos y el precio del petróleo. *Revista Magazine Plástico*. <https://revistamp.net/inicio/los-bioplásticos-y-el-precio-del-petroleo/>
- Marmolejo, L. F., Torres, P., Oviedo, R., García, M., & Díaz, L. F. (2011, diciembre). Análisis del funcionamiento de Plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del Valle del Cauca, Colombia. *Revista EIA*, (16), 163-174. <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n16/n16a13.pdf>
- Medina, I. F., & Páramo, P. (2014, enero-diciembre). La investigación en educación ambiental en América Latina: un análisis bibliométrico. *Revista Colombiana de Educación*, (66) <https://doi.org/10.17227/01203916.66rce55.72>
- Miller, R. (2005). *The Landscape for Biopolymers in Packaging* [Miller-Klein Associates report]. <http://miller-klein.com/wp-content/uploads/2016/12/2007LandscapeforBiopolymers.pdf>
- Minambiente. (s. f.). *Normativa*. <https://www.minambiente.gov.co/normativa/>

- Mohee, R., Unmar, G. D., Mudhoo, A., & Khadoo, P. (2008) Biodegradability of biodegradable/degradable plastic materials under aerobic and anaerobic conditions. *Waste Management*, 28(9), 1624-1629. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.07.003>
- Neuberdt, A. (2019). The alternative: “bioplastics”. *Bioeconomy BW*. <https://www.biooekonomie-bw.de/en/articles/dossiers/the-alternative-bioplastics?nocache=1&pdf=1>
- Oehlmann, J., Schulte-Oehlmann, U., Kloas, W., Jagnytsch, O., Lutz, I., Kusk, K. O., Wollenberger, L., Santos, E. M., Paull, G. C., J W Van Look, K., & Tyler, C. R. (2009, julio). A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences*, 364(1526), 2047-2062. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0242>
- Patel, M., Bastioli, C., Marini, L., & Würdinger, E. (2003). Life-cycle assessment of bio-based polymers and natural fiber composites. En A. Steinbüchel (Ed.), *Biopolymers* (Vol. 10) John Wiley.
- Plastics Europe. (2019). *Plastics – The Facts 2019: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2019-Plastics-the-facts.pdf>
- Ramsay, B.A., Langlade, V., Carreau, P. J., & Ramsay, J. A. (1993, abril). Biodegradability and mechanical properties of poly-(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)-starch blends. *Applied and Environmental Microbiology*, 59(4), 1242-1246. <https://doi.org/10.1128/aem.59.4.1242-1246.1993>
- Rojas, J. F. (2016, 10 de enero). Colombia entierra millones de pesos por no reciclar. *El Colombiano*. <https://www.elcolombiano.com/especiales/que-hacer-con-la-basura/colombia-entierra-millones-de-pesos-por-no-reciclar-FD3410601>
- Saldarriaga, S. (2019, 25 de julio). Según el Dane, el índice de envejecimiento en la ciudad aumentó casi un 40% en últimos 13 años. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/colombia/cali/resultados-del-dane-en-cali-cuantos-habitantes-tiene-la-ciudad-392662>
- Samaniego J., Salina C., Ruetter J. A., Sanguinetti J. P., & Allen, M. L. (2021). *Trazabilidad y contabilidad del plástico mediante el sistema A.P.A.* [Serie Documentos de Proyectos e investigación LC/TS.2021/69]. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46950/1/S2100200_es.pdf
- Sauvé, L. (2004). Una cartografía de corrientes en educación ambiental. En M. Sato, & I. Carvalho (Orgs.), *A pesquisa em educação ambiental: cartografias de uma identidade narrativa em formação* [En producción]. Artmed. <http://laboratoriogrecia.cl/wp-content/uploads/2016/04/Lucia-SauveEAM3.pdf>

- Scott, G. (1995) Photo-biodegradable plastics. En G. Scott, & D. Gilead (Eds.), *Degradable Polymers: Principles and Applications* (pp. 169-184). Springer.
- Siddiqui, J., & Pandey, G. (2013, diciembre). A review of plastic waste management strategies. *International Research Journal of Environment Sciences*, 2(12), 84-88. <http://www.isca.me/IJENS/Archive/v2/i12/14.ISCA-IRJEvS-2013-247.pdf>
- Sivan, A. (2011, junio) New Perspectives in Plastic Biodegradation. *Current Opinion in Biotechnology*, 22(3), 422-426. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2011.01.013>
- Socya. (2016). *Reporte de Sostenibilidad* [Corporativo]. https://www.socya.org.co/_files/ugd/6f8a71_a35416282c0c4c62ba28aa4564a4a5cf.pdf
- Song, J. H., Murphy, R. J., Narayan, R., & Davies, G. (2009, julio). Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Science*, 364(1526), 2127-2139. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0289>
- Song, J., Kay, M., & Coles, R. (2011). Bioplastics. En R. Coles, & Kirwan, M. (Eds.), *Food and Beverage Packaging Technology* (2nd ed., pp. 295-319). Wiley Blackwell.
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkhang, K., Ogata, Y., Hirai, H., Iwasa, S., Mizukawa, K., Hagino, Y., Imamura, A., Saha, M., & Takada, H. (2009, julio). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Series B, Biological Science*, 364(1526), 2027-2045. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>
- The Andersons Centre. (2010). A detailed economic assessment of anaerobic digestion technology and its suitability to UK farming and waste Systems (2nd ed.) [A project funded by DECC and managed by the NNFC]. <https://www.nnfc.co.uk/files/mydocs/Economic-Assessment-of-Anaerobic-Digestion-Technology-its-Suitability-to-UK-Farming-Waste-Systems-Report-NNFCC-10-010.pdf>
- The Economist Intelligence Unit. (2017). *Progress and Challenges for Inclusive Recycling: An Assessment of 12 Latin American and Caribbean Cities*. https://atitudr.org/wp-content/uploads/2017/05/EIU_Inclusive-Recycling_report-ENGLISH.pdf
- Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C., J., & vom Saal, F. (2009, julio). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Series B, Biological Science*, 364(1526), 1973-1976. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>
- UPM. (2018, 21 de mayo). *SFCM 17/18 17: Alternativas a los residuos plásticos* [Archivo de video]. <https://www.youtube.com/watch?v=2gi12deA4dQ>

- Valderrama, M. F, Chavarro, L. H., Osorio, J. C., & Peña, C. C. (2018). Estudio dinámico del reciclaje de envases PET en el Valle del Cauca. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(1), 67-74. <http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/handle/10567/2147>
- Wilde, B. D. (2007). Industrial composting, an introduction. *Bioplastic Magazine*, (2), 39-37. <https://www.bioplasticsmagazine.com/en/magazine/online-archive/data/659.php>
- World Economic Forum (2016). *The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics* [Industry Agenda]. https://www3.weforum.org/docs/WEF_The_New_Plastics_Economy.pdf?_gl=1*alj758*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjwrpOiBhBVEiwA_473dBQC6aP5SdaPPO-Fuai26Lc1BGfVaYfBJmzgkIWz4RJlJvGI3HUXnghoCicQAvD_BwE
- Worldometer. (s. f.). *Pronóstico de la población mundial (2020-2050)*. <https://www.worldometers.info/es/poblacion-mundial/>
- Yu, J., & Chen, L. X. L. (2008). The Greenhouse Gas Emissions and Fossil Energy Requirement of Bioplastics from Cradle to Gate of a Biomass Refinery. *Environmental Science and Technology*, 42(18), 6961-6966. <https://doi.org/10.1021/es7032235>
- Zapata, S. M., & Raquejo, J. A. (2013). *Generación de constructos a partir de una caracterización cualitativa de preferencias de productos y marcas de la población entre los 09 y 14 años de edad de la ciudad de Cali*. Adscrita al proyecto 8108 convocatoria interna de investigaciones de la Universidad del Valle (Tesis de pregrado). Universidad del Valle. <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/19524/CB-0516583.pdf?sequence=1&isAllowed=y>