

**Revisión de estado del conocimiento sobre los avances de la economía circular en la  
industria del plástico en Colombia en los años 2013 al 2023**

Viviana Andrea Sierra Parra

Asesor

Ing. Lady Mildred Rojas Galindo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Programa de Ingeniería Industrial

2024

## **Agradecimientos**

A Dios por permitirme enfocar todo mi conocimiento adquirido a lo largo de la carrera.

A mi madre y hermanos por toda la colaboración, el esfuerzo y el apoyo incondicional que me han brindado en el día a día para lograr la culminación del proyecto.

A la Ingeniera Lady Mildred Rojas Galindo por servirme como tutora y ayudarme en el desarrollo de este trabajo.

## Resumen

El plástico, es un producto con una alta participación en el mercado, constituido por moléculas de gran tamaño llamadas macromoléculas de alto peso molecular que poseen una gran resistencia y maleabilidad, evitando que sufran oxidación por humedad y oxígeno del medio ambiente, por lo que los materiales plásticos derivados del gas o petróleo no son biodegradables, ocasionando un mayor tiempo de degradación de los residuos plásticos que pueda tardar entre 100 y 1000 años. (Aquaefundación, 2018).

En Colombia, se calcula que se generan anualmente 700.500 toneladas de envases y empaques plásticos, pero solo el 30% es reciclado en nuevos empaques, de los cuales un estimado al año 35.000 ton de residuos posconsumo son aprovechados (World Wildlife Fund, 2023). Según una encuesta de caracterización y crecimiento del reciclaje de plásticos en Colombia, realizada por Acoplásticos (2021) el reciclaje fue del 19% en toneladas y 145% en ventas, permitiendo así un crecimiento acelerado en las actividades de aprovechamiento de residuos. Lo anterior ha llevado a que las organizaciones adopten un nuevo modelo de económico a través del uso eficiente de los recursos y el aprovechamiento de materiales, lo que plantea un enfoque que aporte al cumplimiento de los os Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Por lo anterior, en esta investigación, se propone realizar una revisión de estado del conocimiento sobre la transición a la economía circular en la industria del plástico en Colombia, en los años 2013 al 2023.

**Palabras Claves:** Sostenible, economía circular, plástico, reciclaje, objetivos de Desarrollo Sostenible, medio ambiente.

## Abstract

Plastic is a product with a high market share, made up of large molecules called high molecular weight macromolecules that have great resistance and malleability, preventing them from suffering oxidation due to humidity and oxygen in the environment, so Plastic materials derived from gas or oil are not biodegradable, causing a longer degradation time for plastic waste that can take between 100 and 1000 years. (Aqua foundation, 2018).

In Colombia, it is estimated that 700,500 tons of plastic containers and packaging are generated annually, but only 30% is recycled into new packaging, of which an estimated 35,000 tons of post-consumer waste are used each year (World Wildlife Fund, 2023). According to a survey of characterization and growth of plastics recycling in Colombia, carried out by Acoplásticas (2021), recycling was 19% in tons and 145% in sales, thus allowing accelerated growth in waste utilization activities. The above has led organizations to adopt a new economic model through the efficient use of resources and the use of materials, which proposes an approach that contributes to the fulfillment of the Sustainable Development Goals.

Therefore, in this research, it is proposed to carry out a review of the state of knowledge on the transition to the circular economy in the plastics industry in Colombia, in the years 2013 to 2023.

**Keywords:** Sustainable, circular economy, plastic, recycling, Sustainable Development goals, environment.

## Tabla de Contenido

Introducción.....	11
Planteamiento del Problema .....	13
Justificación .....	15
Objetivos.....	16
Objetivo General .....	16
Objetivos Específicos .....	16
Resumen de Contenido.....	17
Industria del Plástico .....	18
Aspectos Históricos Industria del Plástico.....	18
Características del Plástico .....	23
Reciclaje en el Plástico .....	25
La Industria del Plástico en el Mundo .....	27
Sustitución de Plásticos de un Solo Uso .....	29
Economía Circular y Reciclaje.....	29
Desarrollo de Plásticos Bioplásticos y Biodegradables .....	30
Automatización y Digitalización.....	30
Nuevas Tendencias de la Industria del Plástico .....	30
La Industria del Plástico en Colombia.....	31
Desafíos de la Industria del Plástico Ante las Normas Regulatorias .....	33
Normativa Regulatoria Europa y Asia.....	34
Normativa Regulatoria América Latina.....	35
Evolución Histórica-Epistemológica de la Economía Circular .....	40

Antecedentes de la Economía Circular .....	40
Definiciones Básicas .....	40
Referentes Históricos de la Economía Circular .....	41
Escuelas de Pensamiento de la Economía Circular .....	44
Ecología Industrial. ....	44
Biomímesis. ....	46
Cuna a Cuna.....	46
La Economía Azul.....	47
Concepto de Economía Circular .....	48
Principios y Características de la Economía Circular .....	49
Avances y Retos de la Economía Circular.....	51
Avances de la Economía Circular a Nivel Global.....	51
Avances de la Economía Circular en América Latina y el Caribe .....	55
Avances de la Economía Circular en Colombia.....	57
Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).....	59
Origen del Concepto del Desarrollo Sostenible .....	59
Características de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	60
Principios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	61
Descripción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	62
La Economía Circular en Relación con el Plástico y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) .....	66
Economía Circular en la Industria de los Plásticos .....	66
Reciclaje de Plástico .....	70

Compostaje de Plásticos.....	70
Sustitución.....	70
Regulaciones .....	70
Análisis de la Información Recolectada en las Bases de Datos Bibliográficas.....	72
Conclusiones y Proyección de Nuevas Investigaciones.....	79
Referencias Bibliográficas.....	81

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Producción del sector de plásticos a nivel global del 2000 al 2018</i> .....	28
<b>Figura 2</b> <i>Tamaño producción sector de plásticos en Colombia del 2000 al 2018</i> .....	32
<b>Figura 3</b> <i>Iniciativas mundiales alrededor de la economía circular</i> .....	39
<b>Figura 4</b> <i>Avances de los estados miembro Unión Europea hacia una economía circular</i> .....	54
<b>Figura 5</b> <i>Objetivos de Desarrollo Sostenible</i> .....	65
<b>Figura 6</b> <i>Numero de publicaciones por base de datos consultadas</i> .....	74
<b>Figura 7</b> <i>Publicaciones publicadas durante los años 2013 a 2023</i> .....	76
<b>Figura 8</b> <i>% de participación y países que realizaron publicaciones en bases de datos.</i> .....	78

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Resumen historia del plástico entre el periodo de 1946 a 1999</i> .....	21
<b>Tabla 2</b> <i>Regulaciones e iniciativas sobre el plástico y EC en Europa y Asia</i> .....	34
<b>Tabla 3</b> <i>Regulaciones e iniciativas sobre plástico y EC en América Latina</i> .....	36
<b>Tabla 4</b> <i>Cantidad de publicaciones por base de datos consultada</i> .....	73
<b>Tabla 5</b> <i>Numero de publicaciones por año</i> .....	75
<b>Tabla 6</b> <i>Porcentaje de publicaciones por países</i> .....	77

## Apéndices

**Apéndice A** *Resumen de la revisión documental primer periodo de 2013 a 2018*..... 102

**Apéndice B** *Resumen de la revisión documental segundo periodo de 2019 a 2023* ..... 106

## Introducción

El modelo de economía actual de extraer, fabricar y desechar se ha apoyado durante mucho tiempo en recursos asequibles económicamente y disponibles, lo que ha permitido crear todas las condiciones para el crecimiento y estabilidad de la economía. En este escenario, la industria ha visto el impacto que ha tenido el aumento de los precios de las materias primas y en ocasiones la escasez de estas, lo que ha generado un mayor interés en la búsqueda de un modelo industrial menos dependiente de recursos externos y extracción de las riquezas naturales. Esto también ha despertado la consciencia de los gobiernos en emprender caminos sostenibles y adoptar medidas que contribuyan de manera positiva al cumplimiento de los ODS planteados en la agenda 2030 para el desarrollo sostenible del mundo.

Por lo anterior, desde finales del siglo XVIII en las escuelas de economía surgió la inquietud de las consecuencias del agotamiento de los recursos del planeta y el impacto ambiental ocasionado por los residuos posconsumo que se generan en el sistema económico habitual. Así, en los siglos XX y XXI, comenzaron a consolidarse nuevas ideas para la producción y consumo eficiente de los recursos mediante la regeneración y restauración de estos en la industria, lo que ha llevado al nacimiento del concepto de economía circular, que busca plantear como objetivos la creación de productos sostenibles ambientalmente, reducir la generación de residuos a lo mínimo por medio del reciclaje y generar valor durante el ciclo de vida de los materiales.

Por ello que esta investigación presenta la revisión de estado del conocimiento sobre los avances de la economía circular en la industria de plástico en Colombia en un periodo de tiempo del 2013 al 2023. Siendo un sector económico que aporta aproximadamente 31 billones de pesos anuales en ventas y se consumen 1.250.000 toneladas de plástico al año (Greenpeace Colombia).

En cuanto a la metodología aplicada en este trabajo de grado, se trata de una investigación documental y descriptiva, basada en diferentes fuentes secundarias de literatura generada sobre el tema. Los documentos revisados hacen referencia a recursos de libre acceso como Science Direct, Ebsco, Scopus, IEEEExplore, Scielo y artículos de organismos internacionales y nacionales. Para la comprensión del tema investigado se aplica un método cualitativo que busca entender la relación del plástico, economía circular y ODS, así como las características, aportes, avances y normatividad vigente, en el contexto de la industria plástica en Colombia.

## Planteamiento del Problema

La producción, consumo y manejo inadecuado de la huella plástica es una problemática seria para el medio ambiente, ecosistemas marinos y el ser humano. Según el balance de cierre de Acoplásticos (2022), el 54% de la producción de la industria de plástico de Colombia corresponde a empaques y envases para productos alimenticios, productos de higiene, aseo y productos industriales y lubricantes; esta industria ha tenido un crecimiento económico cercano a 22% en 2021 y de casi 13% en lo corrido de 2022 (La República, 2022), lo que también ha resultado en un aumento de los residuos que terminan en rellenos sanitarios, océanos y manglares debido a que la mayoría de plásticos utilizados en la actualidad son de un solo uso, lo que quiere decir que duran poco tiempo en manos de los consumidores antes de ser desechados.

El plástico, por sus características físicas y químicas específicas, es duradero y difícil de descomponer por los microorganismos que se encuentran en la naturaleza, por lo que puede llegar a durar aproximadamente 500 años en el ambiente. Por esta razón, Colombia ha priorizado la búsqueda de nuevos modelos de negocio como la economía circular e iniciativas enfocadas en el manejo de los residuos plásticos y optimización de recursos, que contribuyan al cumplimiento de los ODS en las dimensiones económicas y ambientales.

La revista digital Tecnología del plástico, indica que actualmente, se aprovechan 223.300 toneladas de plástico en el país, es decir, cerca del 32 %, siendo solo 23.200 toneladas reincorporadas nuevamente en envases y empaques plásticos que corresponde a un 3%, (Tecnología del plástico, 2023) y solo se ha reciclado el 9 % de los 9000 millones de toneladas de plástico producidas en la historia (PNUMA, 2016).

Así que, a partir de la problemática planteada, nace la necesidad de dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Cuál es la influencia del desarrollo de la economía circular en la industria plástica en Colombia y hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible?

## **Justificación**

En la última década, Colombia ha considerado como un desafío la presencia del plástico y el impacto económico, social y ambiental que este genera debido al aumento que ha significado el consumo de este en diferentes actividades cotidianas, lo que ha llevado a la búsqueda de estrategias que permitan la sostenibilidad económica, mitigación del impacto ambiental, el fomento de la responsabilidad empresarial y el cumplimiento de normativas y políticas relacionadas con los materiales plásticos.

Por ello, Colombia ha unido esfuerzos para apoyar la transición hacia economía circular en el sector de los plásticos, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esto se ha logrado especialmente a través del flujo de materiales, la reciclabilidad, el consumo responsable y la innovación en el origen.

De aquí nace la necesidad de esta revisión de literatura sobre los avances en nuestro país en relación con la economía circular en la industria del plástico, con el fin de profundizar en la comprensión e investigación que se ha llevado cabo para el diseño de estrategias que fomenten la cultura ambiental y el cambio de mentalidad frente a la relación que existe entre el plástico, la economía circular y ODS.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Realizar una revisión bibliográfica de los avances de la economía circular como nuevo modelo de producción y consumo sostenible en la industria del plástico en Colombia, abarcando el periodo del 2018 al 2023. Así como su relación con el cumplimiento de las metas establecidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

### **Objetivos Específicos**

Recopilar información en diferentes bases de datos documentales como Science Direct, Ebsco, Scopus, IEEEExplore, Scielo y Acoplasticos.

Analizar la información recolectada con el fin de establecer el estado del conocimiento sobre la industria del plástico, el reciclaje del plástico y su contribución a la economía circular.

Determinar la relación entre la industria del plástico, la economía circular y el avance hacia las metas de los ODS en Colombia.

## Resumen de Contenido

La revisión del estado de conocimiento sobre los avances de la economía circular en la industria del plástico en Colombia durante los años 2018 al 2023, esta estructura en siete secciones. La primera sección se compone del desarrollo de los conceptos teóricos, antecedentes sobre el plástico, su producción y características, como parte del objetivo de analizar la información recolectada para establecer el estado del conocimiento sobre la industria del plástico.

En la segunda sección, se realiza una descripción del conocimiento sobre la economía circular y el reciclaje en la industria del plástico a nivel global y nacional.

En la tercera sección, se aborda el origen, características y descripción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), así como su importancia en el avance ambiental, económico y social de cada país.

La cuarta sección, se enfoca en determinar la relación que existe entre el plástico, la economía circular y los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS), destacando el alcance e impacto que tienen en la industria del plástico en Colombia.

Para la quinta sección, se lleva a cabo el análisis de la información recolectada en las diferentes bases de datos, teniendo como objetivo específico visibilizar el progreso en Colombia del modelo de producción de economía circular en la industria plástica.

Por último, la sexta sección está orientada a la extracción de conclusiones del proyecto a partir de la revisión literaria y el planteamiento de futuras investigaciones, acerca de los avances en la economía circular aplicada en la industria plástica.

## **Industria del Plástico**

Es el proceso productivo dedicado a la elaboración de productos plásticos a partir de la transformación de materias primas de origen petroquímico, por lo que es considerada una de las industrias más versátil y de gran importancia en el crecimiento económico, debido a las diferentes aplicaciones y consumo que genera.

### **Aspectos Históricos Industria del Plástico**

Según un artículo de la Cámara Argentina de la industria plástica, que relata la historia del plástico, el hombre desde la prehistoria ha hecho uso de los polímeros naturales que ha encontrado en la naturaleza como queratina, ceras y bitúmenes. Los primero en hacer uso del plástico fueron las civilizaciones Mayas y Aztecas, en el siglo VI a.c, los cuales tomaban el caucho para fabricar pelotas y suelas de zapatos.

En el siglo XIX los polímeros naturales fueron explorados más por los campos de la química y física debido a sus propiedades de durabilidad y resistencia, siendo esto atractivo para la industria que comenzó a desarrollar polímeros semi sintéticos, como lo fue el Celuloide que fue el primer plástico en alcanzar un gran reconocimiento, este invento fue gracias al británico Alexander Parkes en 1862, quien lo mostro al mundo.

Luego el Estadounidense John W. Hyatty mejoro la técnica de obtención del Celuloide, encargándose de que esta fuera utilizada como nuevo material para la fabricación de la bola de billar de marfil, llevándolo a obtener esta patente en 1865 y fundando la compañía Hyatt's Celluloid Manufacturing.

Hannibal W. Goodwin (1887), utiliza el mismo material celuloide para soporte de películas fotográficas, generando así una revolución en el mundo fotográfico y del cine hasta el año 1940. Pero se empieza a cuestionar una desventaja de este tipo de material debido a su

inflamabilidad que había impedido que se expandiera el moldeo de este plástico en producción en masa, por lo que el químico francés Paul Schützenberger y el químico Alemán Eduar Schweizer trabajaron en la creación del acetato de celulosa que fue utilizado en una película de seguridad y como compuesto lubricante para impermeabilizar las alas y fuselaje de los primeros aeroplanos.

Luego de esto, se inició con el proceso de fabricación en línea de la película de acetato de celulosa por suizos Camille y Henri Dreyfus, que se utilizó por primera vez en la industria textil en 1924, en la creación del hilo de acetato que fue comercializado en EEUU con la marca Calanese.

Uno de los pioneros del primer plástico sintético a base de formaldehído-fenol, conocido como Bakelita, fue el químico belga Leo H. Baekeland en 1909; quien a partir de la implementación de un equipo de laboratorio que permitía controlar la reacción del plástico sintético, logro alcanzar una sustancia dura, transparente y moldeable que se incorporó en el mercado en aislaciones moldeadas, piezas de válvula, tuberías y mangos para cuchillos que eran fabricados con material plástico completamente sintético.

Los polímeros sintéticos han sido uno de los grandes avances a nivel químico, ya que ofrecen una amplia variedad de usos en procesos de manufactura, tienen un bajo costo de producción y poseen características específicas en durabilidad y versatilidad. El más conocido en la industria textil es el Nylon que fue fabricado en un laboratorio de la compañía DuPont por el químico Wallace Carothers en 1930, quien inicialmente diseño este material como una seda artificial llamada Poliamida 66, pero comercialmente conocido como nylon. Este producto revoluciono los mercados en 1939, ya que fue utilizado para tejer medias, a un costo accesible comparado con la seda; el nylon también jugó un papel importante en la segunda guerra mundial

donde todo lo que se producía de este material en DuPont fue destinado a la fabricación de paracaídas, cuerdas de remolque para planeadores, tanques de combustible para aviones, chalecos antibalas, cordones de zapatos, mosquiteros y hamacas.

A mediados del siglo XX, surge un crecimiento en toda la industria plástica, ya que para entonces se contaba con una gran variedad de polímeros naturales y sintéticos, que habían sido explorados por la ciencia química.

Luego de un recorrido de investigación e innovación en la industria plástica, se puede ver que a partir del siglo XXI el mundo se prepara para una revolución a nivel tecnológico, en el que el plástico cumple un papel importante en el desarrollo de la Nano tecnología, la fabricación del primer reproductor de audio digital de Apple, fabricación de aviones como el Airbus A380 y se presenta el Amazon Kindle el cual su cuerpo externo este hecho de plástico resistente. Siendo así como el plástico se ha convertido en un material que se puede encontrar en casi cualquier objeto de la vida cotidiana, lo que ha generado que la industria está enfocada en rediseñar productos e implementar programas de disposición de residuos finales y promover iniciativas de economía circular.

En la tabla 1, se resumen algunos de los eventos más importantes que marcaron el desarrollo del plástico, a través del tiempo.

**Tabla 1**

*Resumen historia del plástico entre el periodo de 1946 a 1999*

Año	Evento
1946	Inicio a la fabricación de poliestireno por la compañía estadounidense Monsanto.
1947	Se empieza a utilizar la formica como material decorativo en Gran Bretaña
1948	*Construcción de la primera extrusora por el grupo Alemán Reifenhäuser, una de las principales compañías líderes en la industria de maquinaria para el sector de plásticos
1948	*Aparece el primer disco de cloruro de vinilo (PVC)
1948	*Invento del velcro material utilizado en el campo textil.
1949	Desarrollo de la plastificación con tornillo en los procesos de moldeado con transferencia automático y se construye la primera inyectora.
1950	Descubrimiento del proceso de polimerización de polietileno a presión atmosférica y aparece la primera bolsa de polietileno.
1952	Se lleva a cabo el primer evento plásticos más importante del mundo llamado “Exposición K”.
1953	Se consigue la primera patente del policarbonato, por el grupo Bayer.
1954	Giulio Natta realiza la polimerización más transparente hasta ese entonces del propilipropileno (PP).
1955	Inicio a la producción del Polietileno de alta densidad (HDPE) en Alemania.
1956	Comercialización del primer automóvil con carrocería fabricada con poliéster reforzado y fibra de vidrio.
1957	EE. UU y Europa aparecen las casas de plástico, como es la de Disneyland.

- 1958 Aparecen los Legos bajo un sistema de bloques plásticos y se fabrica una de las primeras botellas para Coca Cola en acrilonitrilo.
- 1959 La empresa Xerox inventor de la fotocopiadora vende su primera máquina, lo que genero un impulso para el mercado del plástico
- Mattel da a conocer su muñeca Barbie.
- 1962 Primer implante con éxito de seno con gel de silicona.
- 1967 Bayer desarrolla la primera carrocería de auto 100% de plástico.
- 1971 Se da el auge del mercado de los plásticos de ingeniería.
- 1972 Crecimiento en el uso de botellas de plástico de uso comercial a base de tereftalato de polietileno (PET)
- 1976 Construcción de la extrusora de PE de un solo tornillo.
- 1979 Se presenta el primer robot de moldeo por inyección siendo una evolución para los procesos automatizados.
- 1982 Implantación del primer corazón artificial de poliuretano (PUR)
- 1983 Se fabricó el primer reloj de la marca Swatch hecho de plástico.
- 1986 Instalación de la primera planta de moldeo por inyección de IBM para la fabricación de impresoras para computadoras.
- 1988 EE. UU se creó el American Plastics Council (APC) quien se encarga de revisar la problemática de los desechos sólidos de plásticos.
- 1990 Aparece el primer plástico biodegradable comercial llamado “Biopol”
- 1991 Inicia el renacimiento de las poliefinas, polietileno (PE) y el polipropileno (PP).
- 1992 La empresa Krupp Bellaform Maschinenbau, desarrollo el sistema para la extrusión y termoformado del PET.

1994	Sale al mercado el automóvil de la marca SMART de Mercedes Benz con paneles de policarbonato (PC)
1995	Países como China, EE. UU., Japón y Alemania se convierten en los mayores productores de plásticos en el mundo
1996	Se da un crecimiento alto en la fabricación de resina en China Bayer, lanzan su resina de poliéster biodegradable llamada "BAK"
1999	Se da a conocer la inyectora eléctrica más grande del mundo por la compañía UBE Corporation Europe S.A. U

---

*Nota.* Esta tabla muestra los eventos históricos de la evolución del plástico. *Fuente.* Elaboración propia a partir de la Cámara Argentina de la industria plástica.

### **Características del Plástico**

El plástico es un polímero orgánico, formado por cadena de átomos de carbono puros o con oxígenos y nitrógeno, estos pueden llegar a tener varias cadenas repetidas llamadas monómeras que son parte fundamental de la estructura del plástico, los cuales puede llegar a modificarse para cambiar las propiedades de estos materiales. Siendo así, que existan distintos tipos de plásticos que puedan moldearse a la forma deseada y cuenten con propiedades físicas y químicas diferentes.

Estos materiales presentan grandes propiedades como la capacidad que tienen para deformarse sin romperse, son de baja densidad, poseen una gran elasticidad, resistencia a la corrosión, transparencia u opacidad, baja conductividad eléctrica y térmica. Debido a estas cualidades hace que sean materiales fáciles de procesar a bajos costos, y muy utilizados para la fabricación de diferentes piezas.

Sin embargo, el problema de los plásticos radica cuando finaliza su vida útil, ya que se convierte en residuos cuyo destino final es la naturaleza. Allí, empiezan su proceso de degradación que depende del tipo del plástico y las condiciones ambientales a las que se vea expuesto, lo que puede llevar a que la desaparición total del residuo sea muy lenta, ya que su inmediata descomposición será la fragmentación en miles de partículas que generan un alto grado de contaminación ambiental.

Los plásticos se pueden clasificar según su estructura química, así como por las características específicas que son importantes en los procesos de transformación de estos materiales, algunos de estas clasificaciones son:

Termoplásticos, son plásticos que no sufren cambio químico al estar sometidos a temperatura, lo que permite que puedan moldearse varias veces, entre ellos están el polipropileno (PP), el polietileno (PE), el cloruro de polivinilo (PVC) y el poliestireno (PS).

Termoestables, son aquellos que pueden fundirse o moldearse solo una vez, ya que al calentarse sufren un cambio químico que no les permite estar expuestos nuevamente a temperatura, debido a que se descomponen como es el caso del poliacetileno.

Plásticos biodegradables, son los plásticos que se degradan cuando están en contacto con la luz solar o radiación ultravioleta, microorganismos, humedad, agua y abrasión del viento. Esto debido a que son materiales fabricados con materiales naturales como almidón, soja y celulosa.

Bioplásticos, tienen mucha relación con los biodegradables, ya que se componen de materiales vegetales renovables como la celulosa y el almidón, lo que hace que sean plásticos que actualmente se encuentran en procesos de investigación para el diseño y la mejora de sus propiedades.

## Reciclaje en el Plástico

En la actualidad existen diferentes formas para el tratamiento de residuos plásticos, enfocadas en el desarrollo sostenible y la economía circular, donde se busca la reutilización de materiales plásticos después de su aplicación inicial y el reciclaje mediante tratamientos mecánicos o químicos, lo que permite el aprovechamiento de los residuos plásticos teniendo en cuenta el estado en el que se encuentren y las características de estos.

- El reciclaje es la recolección y transformación de materiales como el papel, cartón, vidrio y plástico, que se pueden convertir en nuevos productos. Existen diferentes tipos de reciclaje como lo son:

- El reciclaje primario, convierte el mismo material nuevamente en el mismo
- El reciclaje secundario, con los materiales recolectados se hacen otros productos fabricados del mismo material.
- El reciclaje terciario, se descomponen químicamente los materiales para darle paso a productos nuevos y diferentes de los que eran.

Es importante entender que, para llevar a cabo el proceso de reciclaje del plástico, se deben seguir diferentes etapas, las cuales son:

- Separación de residuos en la fuente, es el primer paso que nace a partir de la cultura ciudadana quien debe adoptar a su forma de vida la separación de los residuos aprovechables como es el caso de los plásticos. En Colombia existe la Resolución No. 2184 de 2019, donde estructura un nuevo código de colores para la disposición de los residuos a nivel nacional. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019), para el caso de los residuos de los plásticos es el color blanco.

- Recogida y traslado planta de selección, los residuos aprovechables luego de su transporte a las plantas, donde se hace una separación por tipo de materiales y colores.
- Trituración y lavado, los envases se trituran y se lavan para eliminar cualquier tipo de impureza. Luego se procede al secado, centrifugado y la homogenización mecánica donde se da un color y textura uniforme de las partículas trituradas.
- Transformación en nuevo producto, Se realiza una nueva depuración del material con el fin de seleccionar lo apto para entrar al proceso de fabricación y cumplir con los controles de calidad requeridos.

Cada año en el mundo se recolectan, aproximadamente 11.200 millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales, luego de su descomposición orgánica contribuyen en un 5% a las emisiones de gases de efecto invernadero. En el caso de los residuos plásticos, solo se ha reciclado el 9% de los 8.000 millones de toneladas que se han producido desde el año 1950, un 12% se ha incinerado y el 79% sobrante ha llegado a vertederos, basurero o medio ambiente. Por otro lado, en el mundo se utilizan un millón de botellas plásticas cada segundo y cinco billones de bolsas plásticas, lo que significa que la mitad del plástico producido fue diseñado para ser usado solo una vez y luego desechado. (Naciones unidas, 2024).

En el caso de Colombia, que aprovecha más de 163 mil tones/año de materiales plásticos. Ciudades como Bogotá y Medellín aprovechan 13 mil ton/mes de residuos plásticos, a través de la labor que llevan a cabo los recicladores de oficio y la red de 260 industrias transformadoras que existen en el país. En 2019, el Sistema Único de Información de Servicios Domiciliarios informo que el 15.09 % de materiales aprovechados corresponden a la familia de los plásticos, siendo esto una cifra de 212.434 ton. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).

Por lo anterior, han surgido varias iniciativas en el país para la gestión de los residuos sólidos, como es el caso de la implementación del el Plan de Gestión ambiental de residuos de envases y empaques plásticos. Este plan busca que los productores de envases y empaques busquen la forma de devolver, gestionar y aprovechar los residuos plásticos, siendo una forma de crear conciencia y responsabilidad extendida en el proceso de posconsumo y también que los productos permanezcan el mayor tiempo en el ciclo económico y se aprovechen al máximo.

### **La Industria del Plástico en el Mundo**

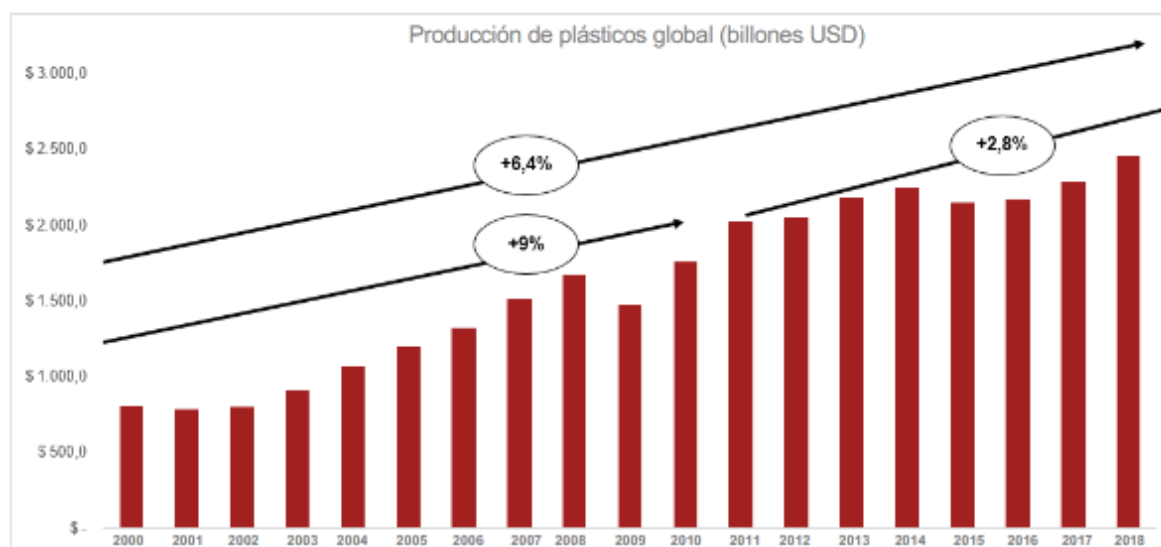
Desde que empezó la producción de plástico en el año 1950 se han generado 8,3 mil millones de toneladas, de las cuales 500 mil millones corresponden a botellas de plástico de un solo uso cada año. (Greenpeace, 2024).

Asia es uno de los mayores productores de plástico del mundo con un 51%, de los cuales China es responsable de un 30% que corresponde a 77 kg per cápita, mientras que Japón el 4% con 114 kg per cápita; en el caso de Europa y del TLCAN (Canadá, Estados Unidos y México), fabrican entre el 17% y 18% de plástico, América Latina el 4% y Oriente Medio y África el 7%. (Asociación Plastics Europe, 2018).

En el mundo la producción del plástico durante el periodo del 2000 al 2010, tuvo un crecimiento considerable, en la ilustración 1, se muestra el progreso en la fabricación del plástico a una escala mundial. Es necesario resaltar que la economía asiática ha impulsado este sector a través de la fabricación de materia prima, aumento en la capacidad de producción e innovación.

## Figura 1

*Producción del sector de plásticos a nivel global del 2000 al 2018*



*Nota.* La grafica muestra el comportamiento de la producción del plástico en el mundo durante los años 2000 al 2018. *Fuente.* Colombia productiva, plan de negocio sector de plásticos visión 2032.

Estas cifras son alarmantes para la humanidad, ya que el gran interrogante que existe es ¿Qué disposición final tienen estos materiales luego de haber cumplido su vida útil?, según el informe, *The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics*, el 32% de los envases plásticos salen del sistema de recogida y terminan en los ecosistemas ambientales, por otro lado, la economía pierde el 95% del valor del material de embalaje de plástico, o entre 80 y 120 mil millones de dólares al año. (Foro Económico Mundial, 2016).

Pero no todo es malo, ya que, así como ha aumentado la cantidad de plástico en el mundo, también se han implementado acciones que permitan encontrar un equilibrio entre la industria y la naturaleza, de tal forma que se busca poder dejar de producir lo que conocemos como desperdicios o residuos, para empezar a generar insumos, lo que ayudaría a crear procesos productivos cerrados en los que todos los recursos utilizados fluyan.

Es importante resaltar que en los últimos años la industria del plástico se ha venido transformando para afrontar los desafíos ambientales que ha enfrentado, debido a la necesidad de aportar al cumplimiento de los ODS enfocados en proteger el planeta. Por esta razón, las empresas transformadoras de plástico se han inclinado hacia la sostenibilidad y la innovación en esta industria, mediante diferentes tendencias como:

### ***Sustitución de Plásticos de un Solo Uso***

En la cuarta Asamblea medio ambiental de la ONU, se revelaron datos de que cada minuto se compran un millón de botellas de plástico y, al año, se usan 500.000 millones de bolsas. Ocho millones de toneladas acaban en los océanos cada año, amenazando la vida marina. (ONU, 2019). Siendo así como los esfuerzos de diferentes empresas de consumo se están enfocando en la innovación en envases y productos desechables más sostenibles.

### ***Economía Circular y Reciclaje***

La industria espera cambiar la forma en la que se produce y se consume actualmente, siendo lineal de extracción-producción-consumo-desperdicio a una economía en la que se evite la generación de residuos mediante estrategias como la eliminación, reusó y circulación de materiales.

Por otro lado, el reciclaje juega un papel importante en el manejo de residuos, ya que la reutilización de materiales permite incrementar la continuación de los plásticos en el proceso productivo después de su aplicación principal, para esto existen tecnologías como como la pirólisis, el reciclaje químico y la digestión anaeróbica, que permiten reducir que los residuos plásticos lleguen al medio ambiente generando impactos negativos. Aunque no hay que dejar de lado, que es importante que en los procesos de reciclaje participen los usuarios finales de los

productos plásticos porque de ellos depende en gran medida una adecuada separación y disposición de estos.

### ***Desarrollo de Plásticos Bioplásticos y Biodegradables***

Es necesario innovar en el diseño de los empaques plásticos para esto se debe tener en cuenta los componentes y elección de materiales a utilizar, algunas opciones que se han empezado a experimentar e investigar son los bioplásticos, que provienen de fuentes renovables como almidón de maíz, caña de azúcar o aceites vegetales, son una opción más sostenible para reemplazar los plásticos derivados del petróleo y los biodegradables son todos aquellos productos que tienen la capacidad de desintegrarse a través del medio ambiente y organismos biológicos producidos por ellos mismos, esto les permite cuando han terminado su ciclo de vida volver a incorporarse a la naturaleza.

### ***Automatización y Digitalización***

El mundo va un ritmo acelerado en cuanto a la implementación de nuevas tecnologías, en el caso de la industria del plástico se están viendo cambios en la implementación de la inteligencia artificial, la robótica y el aprendizaje automático, lo que ha permitido que la industria pueda aprovechar estas herramientas para mejorar su eficiencia, precisión y diseño en la producción de plástico; otro factor que ha favorecido esta industria es la digitalización de toda la cadena de suministro, ya que a través de esto se puede hacer seguimiento y trazabilidad de los materiales plásticos, con el fin de cumplir con las diferentes regulaciones y modelos sostenibles.

### ***Nuevas Tendencias de la Industria del Plástico***

El impacto ambiental que ha levantado el uso del plástico ha llevado a la industria a revisar sus modelos de producción y postproducción, con el fin de encontrar innovación y soluciones que se adapten a las necesidades del mercado y regulaciones que está realizando cada

país, para conservar el planeta. Algunas de estas tendencias que están cambiando los métodos de fabricación tradicional del plástico son: los plásticos inteligentes los cuales tienen la capacidad de modificar sus propiedades físicas o químicas en respuesta a estímulos externos, como temperatura, luz, humedad o electricidad, Plásticos Biocompatibles y Biomiméticos son todos aquellos utilizados en aplicaciones médicas, ya que no generan reacciones contrarias cuando están en contacto con tejidos vivos, Nanotecnología y Plásticos Nanocompuestos son plásticos que son modificados desde su estructura química para aumentar sus propiedades físicas y mecánicas y también está el Blockchain y Rastreabilidad de Plásticos que permite mediante una cadena de bloques el seguimiento y la verificación de cada etapa del ciclo de vida del plástico, desde su producción hasta el reciclaje.

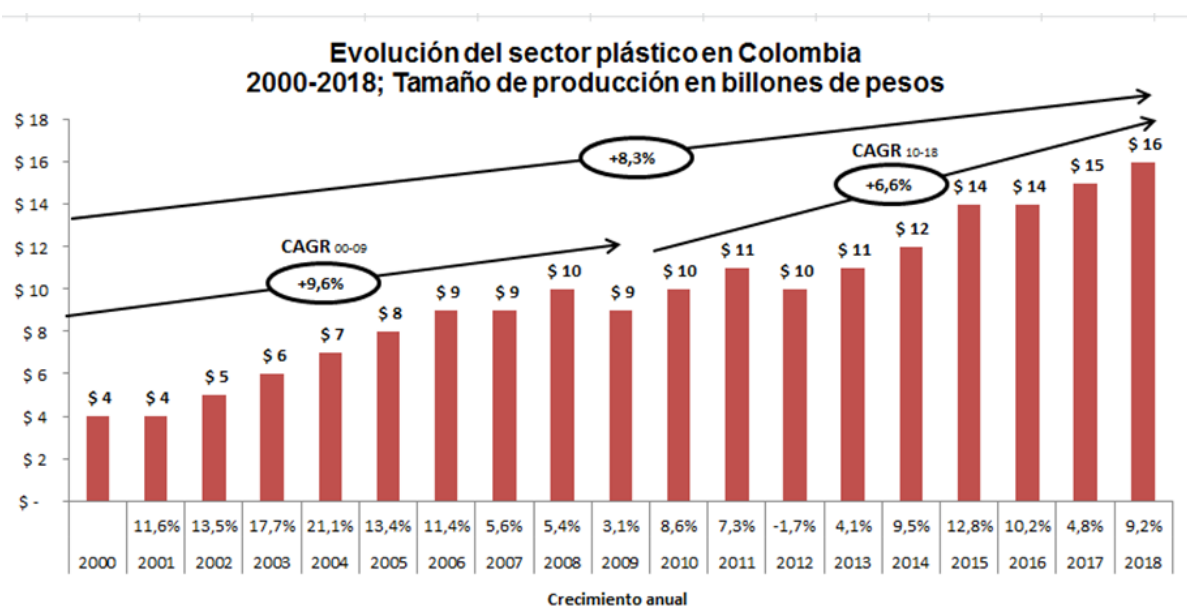
### **La Industria del Plástico en Colombia**

En Colombia, la industria de productos plásticos consume más de un millón de toneladas por año de polímeros. Tiene participación en diferentes sectores de la economía como el 56% de la producción a envases y empaques, el 22% corresponde a insumos para el sector de la construcción; el 6% de la producción está dirigida al canal institucional y al consumidor; el 9% al sector agropecuario y el resto a partes para diversas industrias. (Colombia productiva, 2024).

Las cifras que se reflejan en la ilustración 2, muestran como el sector de plástico ha venido creciendo de manera significativa en los últimos 20 años, lo que ha despertado un aumento en la inversión de capital destinado para maquinaria, mano de obra y materia prima para cubrir la necesidad que presenta el sector de la química del plástico y sus industrias relacionadas.

**Figura 2**

*Tamaño producción sector de plásticos en Colombia del 2000 al 2018*



*Nota.* La grafica muestra el comportamiento de la producción del plástico en Colombia durante los años 2000 al 2018. *Fuente.* Colombia productiva, plan de negocio sector de plásticos visión 2032.

Pero este crecimiento ha implicado el aumento en la generación de residuos sólidos en varias de las principales ciudades, como es el caso de Bogotá donde se generan diariamente 6.265 toneladas, de las cuales el 56% corresponde a plásticos de un solo uso. (SSP, 2018), que terminan en las calles, rellenos sanitarios y ríos, esto ha detonado que se tenga una perspectiva poco sana sobre la relación que existe entre el plástico y el medio ambiente.

Organismos como Acoplásticos están liderando iniciativas para transformar la percepción actual sobre el plástico. A través de capacitación sobre sostenibilidad, campañas de reciclaje, sensibilización en el consumo responsable, estrategias de ecodiseño, ecoetiquetado y fortalecimiento en la cadena de valor. La colaboración con el gobierno es fundamental para avanzar hacia una economía circular sostenible, donde la industria tiene la oportunidad de

transformar e integrar con éxito prácticas enfocadas en la producción y comercialización de materiales y/o productos que generen beneficios ambientales significativos.

### **Desafíos de la Industria del Plástico Ante las Normas Regulatorias**

Los gobiernos de diferentes países a nivel mundial han promovido acuerdos y tratados en función del manejo de los plásticos, como medidas de prevención del medio ambiente y el cumplimiento de los compromisos que se han adquirido a favor de las personas, el bienestar y el planeta. Esto ha significado desafío para las empresas de la industria de plásticos, petroquímica, química básica, pinturas, caucho, tintas y fibras, ya que con la creación de diferentes normativas deben adoptar nuevas metodologías y herramientas para adaptarse a los cambios que resultan de esta constante evolución.

En el caso de las empresas que desarrollan actividades de importación y exportación presentan una mayor dificultad, debido a que deben acogerse a regulaciones aplicables en diferentes jurisdicciones, lo que los lleva a la búsqueda de estrategias que les permita cumplir estos marcos legales de tal forma que encuentren oportunidades que mejoren la competitividad y producción.

Vale la pena destacar que, a partir del siglo XXI, el uso del plástico en el mundo ha generado la necesidad de encontrar mecanismos que permitan mantener un compromiso medioambiental y aportar valor a la cadena de suministro de las partes interesadas. Teniendo en cuenta lo anterior, la reglamentación de diferentes normas regulatorias ha impulsado retos y oportunidades para el aprovechamiento y cierre de ciclo de residuos posconsumo.

Ya que esto les permite a las empresas que producen plásticos o incluyen este tipo de componentes en sus procesos productivos, a generar una visión sostenible para el manejo de materiales plásticos en la cadena de valor y mitigar su impacto en el medio ambiente. Todo

enfocado a la búsqueda de estrategias de circulación de material plástico y economías sustentables, por lo que es necesario examinar el marco legal aplicable a estas industrias.

### **Normativa Regulatoria Europa y Asia.**

Los principales países de Europa y Asia han adoptado regulaciones, sobre el plástico que tienen como objetivo la conservación del medio ambiente a través de la transición hacia una economía circular y proteger la salud humana. A continuación, en la tabla 2 se presenta un resumen de las legislaciones implementadas.

**Tabla 2**

*Regulaciones e iniciativas sobre el plástico y EC en Europa y Asia*

País	Normativa	Descripción
China	Ley de promoción de economía Circular promulgada en el 2008	Su objetivo disminuir las tasas de utilización de recursos de forma ambientalmente sostenible, para empresas y obliga a sus ciudadanos a incorporar en su vida cotidiana los principios de EC y cuidado del medio ambiente
Francia.	Ley integral anti-residuos, 2020	Eliminar los desechos y la contaminación desde la etapa de diseño y transformación de modelo lineal a circular, descartando progresivamente los plásticos desechables y prohibir los plásticos de un solo uso para el 2040.
Alemania	Ley VerpackG del año 2019	Generar responsabilidad social y medioambiental en los envases durante toda la cadena de suministro, enfocando a la industria hacia envases ecológicos
Japón.	Ley Básica, 2000	Promover la circularidad en las prácticas empresariales, gobierno y ciudadanas, quienes deben fomentar el reciclaje, mediante el diseño, etiquetado, clasificación y uso adecuado de los materiales reciclados
Corea del Sur	Ley marco de circulación de recursos del 2018	Se basa en principios de minimización de generación de residuos, tener en cuenta la utilización circular de los mismos y crear responsabilidad entre los gobiernos, empresas y ciudadanos

Filipinas	Ley 7609 de Economía Circular de Filipinas de 2020	Busca promover y optimizar el consumo y producción de plástico, así como rescatar la economía verde del país.
España	Estrategia Española de Economía Circular	El objetivo es mejorar la eficiencia de las materias primas y energía.
	Residuos plásticos: una estrategia europea para proteger el planeta, defender a los ciudadanos y capacitar a las industrias (2018)	Proteger el medio ambiente de la contaminación de los plásticos al tiempo que incentiva el crecimiento y la innovación
Otros	El Pacto Verde Europeo (2019)	Es un paquete de iniciativas políticas cuyo objetivo es situar a la UE en el camino hacia una transición ecológica.
	Acuerdo internacional de París (2015)	Es un tratado internacional que hace que todos los países tengan una causa común para emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos.
	Nuevo Plan de acción para la economía circular, por una Europa más limpia y competitiva (2020)	Hace referencia a un marco global destinado a reforzar la competitividad industrial y la innovación, y a promover nuevos modelos de negocio.

*Nota.* Descripción principales regulaciones en países europeos y Asia sobre el manejo del

plástico y EC. *Fuente.* Elaboración propia

### **Normativa Regulatoria América Latina**

En la tabla 3, se proporciona una descripción general de las iniciativas y regulaciones existentes en América Latina, que buscan promover la economía circular en la industria plástica, teniendo como enfoque el manejo de los residuos generados en el pos consumo de este tipo de materiales.

**Tabla 3***Regulaciones e iniciativas sobre plástico y EC en América Latina*

País	Normativa	Descripción
	Estrategia Nacional de Economía Circular (2018)	Es un plan para cambiar el modelo de desarrollo en línea, de tal manera que permitirá migrar hacia un enfoque de eficiencia en el uso de los recursos.
Colombia	Resolución 1407 Reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaque	Esta normatividad va dirigida a optimizar el uso de material en los envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal.
	Responsabilidad Extendida del Producto (2018)	Es un esquema para la gestión integral de residuos sólidos, cuyo objetivo principal es la disminución de los residuos, así como la reducción del consumo de recursos naturales y económicos.
	Ley 1819 Impuesto al consumo de bolsas plásticas	Es un impuesto que busca desincentivar el consumo de bolsas plásticas y proteger el medio ambiente.
	Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de un solo Uso (2021)	Implementar la gestión sostenible del plástico, a partir de instrumentos y acciones en prevención, reducción, reutilización, aprovechamiento y consumo responsable.
	Ley 2277 de 2022	Incluye el Impuesto nacional sobre productos plásticos de un solo uso.
Chile	Ley No. 20.920 de 2016 Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje	Disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje y otro tipo de valorización, con el fin de proteger la salud de las personas y el medio ambiente
	Pacto Chileno de los Plásticos (Circula el Plástico, desde 2019)	El objetivo de fomentar una economía circular para los plásticos
	Ley de Plásticos de un solo uso (2021)	Regula el uso de plásticos de un solo uso en los establecimientos de alimentación.
Uruguay	Ley No. 19472 Sistema Nacional de Transformación Productiva y Competitividad – Transforma Uruguay.	Asegurar el desarrollo económico productivo e innovador en el país.
	Ley 17849, “Uso de envases no retornables	Promover la responsabilidad extendida del generador de envases en todo su ciclo de vida y el interés de realizar la separación en origen de estos, a fin de promover su reutilización y reciclado.

Brasil	Compromiso Mundial de la Nueva Economía del Plástico. (2018)	Enfocado en la economía circular para el plástico, en la que nunca se convierta en residuo o contaminación.
Panamá	Plan de Acción Nacional de Basura Marina Panamá 2022 – 2027	Eliminar las fuentes de generación y reducir la basura marina que atenta contra la biodiversidad, los ecosistemas en sus costas y mares. Promueve alternativas sostenibles con materiales reutilizables, reciclables, biodegradables o compostables, que generen un menor impacto al ambiente y el alud.
	En 2020, reglamentó la reducción y el reemplazo progresivo de los plásticos de un solo uso	
Argentina	Ley 27279 de regulación y prohibición envases de un solo uso (2016)	Garantizar y asegurar que la gestión integral de los envases vacíos no afecte a la salud de las personas ni al ambiente.
Ecuador	Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de Un Solo Uso (2020)	Prohibir la comercialización y uso de bolsas y envases de plástico de un solo uso, para bebidas y alimentos.
	Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador (2021)	Brinda directrices generales no obligatorios para realizar la transición de una economía Lineal a una Economía Circular.
Perú	La Ley N° 30884, Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables (2018)	Crea el marco regulatorio sobre el plástico de un solo uso, otros plásticos no reutilizables y los recipientes o envases descartables de poliestireno expandido para alimentos y bebidas de consumo humano en el país.
	Plan Nacional de Competitividad y Productividad 2019-2030.	Busca promover la sostenibilidad ambiental en la operación de actividades económicas.
Canadá	La Ley Canadiense sobre la Evaluación Ambiental (2019)	Proteger el medio ambiente contra los efectos de las actividades humanas adversas
Estados Unidos	El Pacto del Plástico de EE. UU	Iniciativa para repensar la forma en que diseñamos, usamos y reutilizamos los plásticos

*Nota.* Descripción principales regulaciones en países de América Latina sobre el manejo del

plástico y EC. *Fuente.* Elaboración propia a partir del artículo “Un renacer azul: los Estados de

América Latina y el Caribe dicen no al plástico” (UNEP, 2023).

En los últimos años, la conciencia global sobre el deterioro ambiental ha crecido notablemente, a medida que diferentes fenómenos naturales asociados a la contaminación generada en las actividades humanas. En el caso de los plásticos, que ha tenido un impacto negativo significativo en la biodiversidad marina y los ecosistemas terrestres.

En la Ilustración 3 se presentan iniciativas a nivel regional, nacional y empresarial que han surgido como parte de la transición de una economía lineal a una economía circular, donde la EC nace como una solución que genera nuevas oportunidades económicas y empresariales.

Figura 3

## Iniciativas mundiales alrededor de la economía circular



*Nota.* La imagen muestra los países a nivel global que tienen implementadas iniciativas que influyen en la EC. *Fuente.* Informe Circular Economy in cities. PwC- World economic

En conclusión, el plástico es imprescindible en el mundo, pero existe un problema con la generación de residuos, lo que ha llevado a impulsar el reciclaje, la reutilización, el uso de materiales sostenibles y medidas regulatorias, con el fin de impulsar la producción y consumo responsable en diferentes países. Por lo tanto, es necesario resaltar que la industria plástica desempeña un papel económico importante en el sector, ya que en ella se concentra un gran número de empleos y la atención de necesidades de packaging a nivel de otras industrias, por su proporción entre peso, resistencia, precio y características para proteger y conservar productos de cualquier clase.

## **Evolución Histórica-Epistemológica de la Economía Circular**

De acuerdo con el recorrido teórico previo acerca del plástico donde se reconocen tanto sus beneficios como sus desventajas a nivel ambiental, es necesario entender que la problemática de contaminación por residuos plásticos se debe gran medida a la ausencia de innovación, prácticas inadecuadas de disposición y perspectivas insostenibles de producción y consumo por parte de los actores involucrados con estos materiales. En este contexto, el surgimiento de nuevos pensamientos sobre economía que incorporan la necesidad de lograr un equilibrio con la naturaleza ha llevado al desarrollo de un nuevo modelo de producción conocido como economía circular.

Para comprender el enfoque de esta investigación, a continuación, se abordan los conceptos básicos, el origen, los principios y características principales de la economía circular.

### **Antecedentes de la Economía Circular**

Por consiguiente, se realiza la descripción y revisión de algunos conceptos y períodos históricos relacionados con economía circular.

#### ***Definiciones Básicas***

**Sostenibilidad:** Se puede entender como una disciplina ligada al conocimiento, que promueve una nueva forma de reflexionar la relación que tiene el hombre con la naturaleza, a partir de la integración económica, social, ambiental y de principios, que conllevan a una transformación global de sobrevivencia con el planeta.

**Reciclar:** Transformar un producto o componente en sus materiales o sustancias básicos y reprocesarlos en nuevos materiales. (Ellen MacArthur Foundation)

**Ciclo de vida:** Serie de etapas consecutivas e interrelacionadas de un producto, desde el uso de su materia prima hasta su eliminación final. (RAE,2024)

**Producción regenerativa:** La producción regenerativa provee alimentos y materiales de manera que respalden resultados positivos para la naturaleza, que incluyen, entre otros: suelos sanos y estables, una mejor biodiversidad local, una mejor calidad del aire y del agua. (Ellen MacArthur Foundation)

**Medioambiente:** Conjunto de circunstancias o condiciones exteriores a un ser vivo que influyen en su desarrollo y en sus actividades. (RAE,2024)

### **Referentes Históricos de la Economía Circular**

Desde las escuelas de economía a finales del siglo XVIII a la fecha, se ha eludido que los sistemas económicos se desarrollan en un entorno tanto natural como físico, por lo que históricamente se ha definido como un proceso económico básico, la producción, distribución y consumo. Esta idea ha venido cambiando a medida que se ha visto un consumo cada vez mayor de materiales y energía utilizados, que ha sido necesario desarrollar herramientas analíticas que permitan tener actividades económicas con limitaciones impuestas por la naturaleza, es por esta razón que surge la economía circular como un sistema económico “regenerativo y restaurativo”. (Ellen Macarthur Foundation, 2013).

Por lo anterior, es necesario conocer los orígenes de la economía circular y las diferentes teorías que buscan transformar el modelo económico tradicional. A finales del siglo XIX y principios del siglo XX se pueden considerar como la primera etapa de socialización y conceptualización de un problema que hasta entonces no había sido relevante para la sociedad, como lo es la crisis ambiental, de aquí entonces que el economista inglés Arthur Cecil Pigou en su obra *The Economics of Welfare*, donde define la economía como una ciencia del bienestar económico, donde expresaba que, desde el Estado, se puede elevar la eficiencia de la economía y mejorar las condiciones de vida de las personas. (Pigou, 2010).

Luego, en el artículo de "The economics of exhaustible resources" de Harold Hotelling (1931) quien realiza un análisis de agotamiento de los recursos naturales renovables y no renovables, mediante la implementación de un modelo matemático que tiene en cuenta: el periodo óptimo de agotamiento, tasa óptima de extracción de un recurso natural y demanda, tecnologías y reservas, con el fin de no causar una explotación rápida y destructiva para el futuro. Esto también dio lugar al movimiento de conservación como una medida de respuesta al sistema económico tradicional de esa época.

Por otro lado, Barry Commoner (1963), en su obra *La Ciencia y supervivencia en la que* desarrolla cuatro leyes de la ecología y alerta sobre los riesgos tecnológicos y ambientales en la civilización industrial.

Adicional, Kenneth Boulding (1966), en su obra "La economía de la futura nave espacial" hace una comparación de la economía del planeta tierra con un sistema cerrado, al que llama economía del astronauta:

La Tierra se ha convertido en una única nave espacial, sin reservas ilimitadas de nada, debido a su extracción y a la contaminación, y en la que, por tanto, el hombre debe hallar su lugar en un sistema ecológico cíclico que sea capaz de una reproducción continua de formas materiales, aun cuando no pueda evitar la utilización de inputs de energía. (p.322)

Durante los años cincuenta y setenta los movimientos ambientalistas toman fuerza, luego de haber pasado inadvertidos. Estos se enfocaron en resaltar los efectos y riesgos generados por la tecnología, la industria y el desarrollo económico a partir del uso de los recursos de la tierra.

Walter R. Stahel (1976), habla por primera vez del concepto de economía de circuito o lazo, en su libro "The performance economy" donde propone nuevas estrategias para crear modelos de negocio y un cambio de pensamiento en la industria a partir de producir mayor

riqueza y crecimiento económico con menos consumo de recursos, gestionando el rendimiento a lo largo del tiempo y por medio de la sostenibilidad y desempeño económico.

Para 1990, sigue el crecimiento sobre el tema ambiental, por lo que para ese entonces ya se encuentran diferentes textos, entre ellos el libro “Economía de los recursos naturales y del medio ambiente” de los economistas británicos David Pearce y R. Kerry Turner, quienes dan los primeros pasos al concepto de economía circular proponiendo una modelo cerrada a partir del estudio de cinco argumentos diferentes como la economía, la ética, el desarrollo, la contaminación y medio ambiente. (Pearce, D. & Turner, R., 1990)

Finalizando la década de los noventa, en la revista Scientific American Review pública un artículo llamado “Dirigiendo el planeta tierra” en el que se plantea que los procesos industriales puedan llevarse a cabo con el menor impacto posible en el medio ambiente. Robert Frost y Nicholas Gallopoulos trabajadores de la compañía General Motors, fueron los creadores de este escrito que sentaron las bases de la ecología industrial, haciendo referencia a que la economía debería ser un sistema abierto a la entrada energía y cerrado a la entrada de materiales y salida de residuos.

El químico Michael Braungart y el arquitecto William McDonough (2002), escribieron el libro “Cradle to Cradle” donde proponen una nueva manera de entender el ecologismo desde un enfoque de reducir el impacto sobre el medio ambiente, buscando los problemas desde la raíz para atacarlos desde su concepción.

Por otro lado, el economista Belga Gunter Pauli (2010), retoma el concepto de economía azul en su libro llamado “The Blue Economy: 10 years – 100 innovations – 100 million Jobs”. La economía azul consiste en entender los desechos como recursos y a los residuos como materia prima, que permitan el diseño y creación de productos sostenibles y eficientes. Finalmente, es así

como los diferentes aportes realizados a lo largo de los años han permitido nuevas perspectivas frente a la evolución y consolidación del concepto de economía circular como nuevo modelo de desarrollo.

En el 2010 se crea la Fundación Ellen MacArthur (FEM) que es pionera en la transición hacia una economía circular, que esté concebida en la eliminación de residuos y contaminación, mediante el aprovechamiento de productos y materiales durante el mayor tiempo posible en un proceso, con el fin de regenerar la naturaleza. (MacArthur, 2023).

Para el año 2013 y 2014, la economía circular hace parte de un proceso que genera la necesidad de fundar espacios de investigación y enseñanza en universidades del mundo, como es el caso Canadá en el HEC Montreal, politécnico y la universidad de Montreal, donde se fundó el EDDEC instituto para la economía circular; en Francia también se da la economía circular instituto, creado por ECOFOLIO, KEDGE escuela de negocios, FEDEREC fundación Nicolas Hulot, GrDF, el grupo Poste and SFIC.(CIRAIG, Centre for the life cycle of products processes and Services, 2015).

### ***Escuelas de Pensamiento de la Economía Circular***

Se presentan las diferentes corrientes teóricas que permiten la interpretación de distintos enfoques sobre ideas y principios, de la percepción y forma de la economía circular.

**Ecología Industrial.** “Para que la especie humana sobreviva tiene que desarrollar una economía cíclica en la que todos los materiales se obtengan de los grandes depósitos (aire, suelo y mar) y se devuelvan a ellos, y todo el proceso se mueva por energía solar”. (Kenneth,1978)

Es una teoría que busca conectar los principios de la economía y la biología, a través del desarrollo sostenible donde el sistema industrial se comporta como un ecosistema que debe consumir materia prima y energía al mismo ritmo en el que la biosfera pueda reemplazarlos. Este

movimiento social nace durante la década de los años 60 y 70, donde se empieza hablarse de la conciencia ambiental, así como otros conceptos importantes en la ecología industrial como lo es la Simbiosis Industrial y Sinergia de Subproductos. Los cuales hacen referencia a que los residuos de una industria se incorporen a otra convirtiéndose en materia prima para la segunda, con el fin de cerrar el ciclo de materia. (Ayres, 2001).

La ecología industrial no solo trata temas de contaminación y medio ambiente, sino que resalta la importancia de las tecnologías, economía de procesos y la relación entre los negocios, financiación y políticas de gobierno, siendo así no solo una iniciativa para el cuidado del medio ambiente, sino una herramienta para optimizar el uso de los recursos naturales no renovables. (Ecología y Simbiosis Industrial – Estructplan, s. f. 2006)

En la ecología industrial, existen tres principios importantes que se aplican, como son:

1. Creación de una red conformada por industrias relacionadas con el desarrollo de su actividad
2. Lograr la capacidad de imitar el funcionamiento de los ecosistemas naturales
3. Identificar e incluir los tres sectores del desarrollo sustentable (Social, medioambiente y Económico)

Por otro lado, existen diferentes herramientas y metodologías que permiten llevar a cabo los objetivos de la ecología industrial como son: el análisis de ciclo de vida, la producción más limpia, el análisis de flujo de materia, el análisis económico-ambiental, la ecoeficiencia, los indicadores de desarrollo sostenible, las bolsas de residuos o subproductos, la huella de carbono y huella ecológica, análisis de redes sociales, etc.; lo que genera que estos métodos contribuyen a disminuir el impacto ambiental, mejorar la productividad y rentabilidad con la finalidad de orientar los resultados hacia consecución de un desarrollo sostenible.

**Biomímesis.** El término se usó en los años 90 en el campo de la ingeniería, química, la biología, las ciencias de Materiales y la investigación cosmética. El concepto de biomímesis hace referencia a imitar la naturaleza a la hora de reconstruirlos sistemas productivos humanos, con el fin de hacerlos compatibles con la biosfera. (Riechmann, 2005). Por otro lado, se puede decir que es una estrategia de reincorporación de los sistemas humanos dentro de los sistemas naturales, que sugiere algunas bases que permiten la reconstrucción de la economía ecológica, estas son:

- Estado estacionario
- Utilizar el sol como fuente energética
- Cerrar los ciclos de materiales
- El transporte de materiales no debe ser lejos
- Evitar los xenobióticos como COP (Organismos resistentes) y OMG (Organismos transgénicos)
- Respetar la biodiversidad

En los últimos años, la Biomímesis ha sido una disciplina enfocada en cambiar los comportamientos de la sociedad por acciones sustentables, mediante el diseño e innovación de materiales inspirados en sistemas naturales que tengan la capacidad de imitar otros organismos para dar soluciones responsables.

**Cuna a Cuna.** Es un concepto que se dio a conocer en los años 70 por el arquitecto suizo Walter R. Stahel, este hace referencia a la incorporación de alternativas de diseño y fabricación sustentadas en ecosoluciones eficientes que aporten valor agregado a la minimización del impacto ambiental. En el libro *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, los autores (W. McDonough & M. Braungart, 2002), indican que:

Estamos acostumbrados a pensar que la industria y el medio ambiente siempre están en conflicto, porque los métodos tradicionales de extracción, fabricación y desecho son

destruyentes para el entorno natural. A menudo los ambientalistas dicen de los negocios que son malos, y de la industria (así como el crecimiento que requiere), que es inevitablemente destructiva (p.4)

Por otra parte, los industriales a menudo ven a los ambientalistas como un obstáculo a la producción y al crecimiento. El mensaje ambientalista que los consumidores acaban percibiendo puede ser estridente y opresivo. Deja de ser tan malo, tan materialista, tan avaricioso. Hemos trabajado tanto con la naturaleza como en los negocios, y no pensamos que sea así (p.5).

Teniendo en cuenta, lo anterior se puede decir que la problemática radica en el mal diseño de la industria, ya que somos capaces de transformar materiales con la ayuda de recursos naturales y convertirlos en productos, pero no logramos encontrar la forma de que al finalizar su ciclo de vida estos lleguen a la basura. Para ello se planteó el modelo de la Cuna a la Cuna, cuyo objetivo es que los residuos obtenidos puedan aprovecharse de manera continua en el tiempo, sin perder su valor y como una herramienta para el cuidado del medio ambiente.

**La Economía Azul.** Tuvo su origen en 1994, cuando el economista belga Gunter Pauli escribió sobre este concepto, que menciona la importancia de un modelo económico que tenga como principal característica el respeto por el medio ambiente y que permita llevar a cabo procesos productivos que aprovechen todos los recursos que utilizan y residuos que generan, de tal forma que estos se vuelvan a convertir en materias primas para la fabricación de otros productos.

Es importante tener en cuenta que la economía azul juega un papel muy importante en la preservación de los ecosistemas de los océanos, donde se busca la recuperación de estos y la sensibilización sobre el valor de los recursos que existen en este tipo de ecosistemas más allá de verlos como fuentes de pesca y turismo a nivel económico.

Los enfoques que desarrolla la economía azul según la WWF en el 2015 deben ser:

- Ofrecer beneficios sociales y económicos a las generaciones actuales y futuras, a través del sistema alimentario, la seguridad, la erradicación de la pobreza o la salud, entre otros elementos.
- Restaurar, proteger y mantener la diversidad, la productividad, la resiliencia, las funciones básicas y los recursos de valor de los ecosistemas marinos.
- Apoyarse en tecnologías limpias, energías renovables y flujos circulares de materiales, para lograr la estabilidad social y medioambiental a largo plazo.
- Regirse por procesos públicos y privados que sean inclusivos, argumentados en información objetiva, responsables, transparentes, innovadores y con visión a largo plazo.
- Al reconocer los residuos como recursos, impulsar el ecodiseño y favorecer el medio natural, este modelo promueve las innovaciones de bajo coste que creen empleo y beneficios por medio de la sostenibilidad.

### **Concepto de Economía Circular**

La fundación Ellen MacArthur (2013), como una organización cuya misión es apoyar la creación de economía circular e impulsar su implementación en los diferentes procesos económicos, considera a la EC como:

Sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible. Un sistema industrial que es restaurador o regenerativo por intención y diseño. Reemplaza el concepto de “fin de vida” con restauración, cambios hacia el uso de energías renovables, elimina el uso de productos químicos tóxicos, que perjudican la reutilización, y pretende la eliminación de residuos mediante el diseño superior de materiales, productos, sistemas y, dentro de esto, modelos de negocio (p.7)

A partir de las definiciones de la fundación Ellen MacArthur, han nacido otros conceptos que han aportado y modificado la idea de EC, como lo es Institut de l'économie circulaire (2013), quien considera que la EC está basada en el uso de los recursos naturales, dejando a un lado el agotamiento de estos, siendo necesario.

En el caso de la agencia l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) presenta otro concepto de economía circular.

Geldron (2013), menciona que “Un instrumento de intercambio y producción basado en un sistema económico en que, en todas las etapas del ciclo de vida del producto o servicio, tiene como objetivo aumentar la eficiencia en el uso de recursos y reducir el impacto en el medio ambiente mientras se desarrolla el bienestar de individuos” (p. 3).

### **Principios y Características de la Economía Circular**

La economía circular aborda diferentes principios, que permiten crear una relación entre la economía y la sostenibilidad de los productos y materiales utilizados. Los cual serán descritos a continuación:

- Principio 1. Preservar y mejorar el capital natural. El sistema circular debe contar con un equilibrio de recursos renovables y no renovables. Este debe tener la capacidad de incorporar los renovables de manera factible al sistema mediante la tecnología y procesos adecuados. (Belda, 2018)
- Principio 2. Optimizar el uso de los recursos. Al momento de diseñar un producto se debe pensar que este pueda duplicarse de manera continua, para que los materiales utilizados recirculen y sean aprovechados al máximo en el sistema. (Belda, 2018).

- Principio 3. Fomentar la eficacia del sistema. Los sistemas circulares deben reducir cualquier tipo de aspecto que afecte negativamente al ser humano y el medioambiente. (Belda, 2018).

Cualquier actividad económica, apoyada en modelo cíclico, debe contar con las siguientes características principales:

**Diseño sin residuos:** En un modelo económico circular, los residuos no existen, ya que todos los componentes tanto técnicos y biológicos deben poder desmontarse y readaptasen. En el caso de los materiales biológicos que no sean tóxicos puede usarse para compostaje y materiales técnicos deben poder utilizarse nuevamente con un mínimo consumo de recursos y sin afectar la calidad. (Belda, 2018)

**Mayor resiliencia a través de la diversidad:** Un sistema con mayor diversidad, genera mejores resultados y alcanza una mayor solidez en una economía incierta y de constante evolución que demanda versatilidad y adaptabilidad para enfrentar de manera más rápida y efectiva a los cambios o situaciones que se presenten. (Belda, 2018).

**Trabajar en el uso de energías:de fuentes renovables.** Donde todo sistema debe considerar trabajar a partir de energía renovable, esto sería posible con la economía circular restaurativa. (Belda, 2018).

**Pensar en sistemas:** Como la capacidad interactuar entre sí las partes de un todo y a su vez crear una relación del todo con las partes, siendo esto fundamental para el desarrollo de la EC. (Belda, 2018).

**Pensar en cascada:** La esencia de la creación de valor consiste en la capacidad de generar valor adicional en productos y materiales en las diferentes fases de su vida útil, así como generar nuevas oportunidades de negocio varias veces en sus otras aplicaciones. (Belda, 2018).

## **Avances y Retos de la Economía Circular**

La economía circular ha surgido como un modelo económico y ambientalmente sostenible, que busca promover una alternativa que permita mantener los materiales en uso a pesar de haber terminado su ciclo de vida, diferente a lo que ofrece el modelo lineal tradicional de extraer, fabricar, desechar. Es por esto que diferentes organizaciones a nivel global dedicadas a conducir actividades internacionales encaminadas a ayudar a los países a mantener su estabilidad a nivel social, económica y ambiental, han reconocido en los últimos años avances notables en políticas adecuadas que permitan la transición hacia una economía circular para abordar los desafíos del cambio climático, la escasez de recursos y la contaminación.

Sin embargo, este modelo económico no está exento de desafíos significativos como la educación, sensibilización y cambio en la cultura empresarial, el acondicionamiento de nuevas infraestructuras, regulaciones uniformes a nivel mundial, limitaciones tecnológicas y financieras, etc., son algunos de los factores que han dificultado una implementación efectiva.

En los últimos años se han logrado disminuir la brecha de circularidad, quedando aun un largo camino por recorrer en la divulgación y toma de acciones que impacten positivamente el medio ambiente, la sociedad y la economía global, ya que según el Circularity Gap report de los 100 mil millones de toneladas de recursos que el mundo utiliza cada año, solo el 8.6% vuelve a ser parte de la economía y más del 90% de los recursos que se toman de la tierra para cubrir nuestras necesidades se desperdicia, debido a que luego de ser usados se descartan. (Circle Economy, 2022).

### ***Avances de la Economía Circular a Nivel Global***

La ONU en uno de sus artículos de asuntos económicos, expresa que la alternativa a una economía circular podría crear beneficios económicos de 1,8 billones de euros para Europa en

2030, y un valor anual de aproximadamente 624.000 millones de dólares en la India para el año 2050, en comparación con el escenario lineal actual. (ONU, 2021).

Por otra parte, China y Europa lideran la transición hacia la circularidad, en el caso del país asiático quien fue uno de los pioneros en adoptar una Ley de Promoción de la Economía Circular en 2009 y otras medidas como la prohibición de la importación de residuos de 2018 que ha generado un gran impacto debido a que estos residuos que llegaba a China han tenido que ser colocada en países en desarrollo, así como una variación en los precios del comercio mundial de la chatarra.

Mientras que el continente africano, también ha comenzado a aumentar sus iniciativas de circularidad, a través de la creación de la Red Africana de Economía Circular y la Alianza Africana de Economía Circular, en donde ha orientado el surgimiento de nuevos modelos de negocio y tecnologías para la agricultura, manufactura y aprovechamiento de residuos, con el fin de mejorar la calidad de vida y disminuir la pobreza de su población.

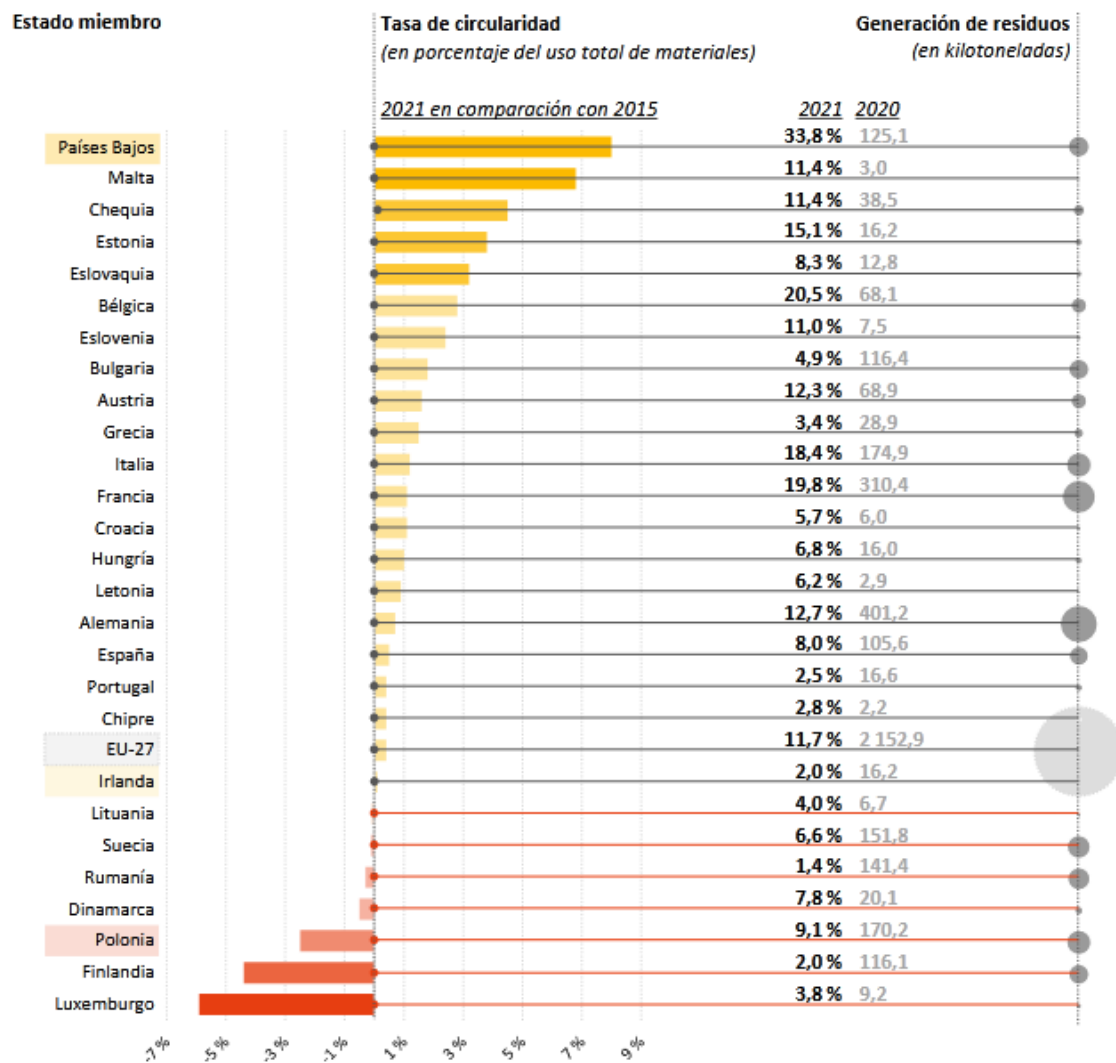
En el caso de Europa quien también encabeza el cambio al sistema de circularidad ha implementado un paquete de políticas, denominadas Pacto Verde Europeo las cuales se enfocan en el clima, energía y transporte con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en al menos un 55 % de aquí al año 2030 y también lograr la transición a una economía ecológica que les permita desvincular el crecimiento económico del uso de recursos y contrarrestar el cambio climática en el transcurso del tiempo hasta el 2050. Po otro lado, la UE también ha venido trabajando en un nuevo plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva en el que ha hecho participe a los agentes económicos, los consumidores, los ciudadanos y las organizaciones de la sociedad civil; siendo así como este plan busca establecer un marco sólido y coherente para la regulación de normas sobre productos

y servicios sostenibles, modificar los hábitos de consumo para minimizar la producción de residuos, impulsar eficientes mercados de materias primas secundarias de calidad y aumentaran su capacidad para asumir el compromiso frente a sus residuos.

Para los países en desarrollo la economía circular ha representado retos y oportunidades, en cuanto al progreso del sector informal, tecnológico, financiero y gobierno, por lo que se ha venido trabajando cada vez más en medidas que permitan incorporar en América latina y el caribe la circularidad en sus economías. En la ilustración 4, se puede ver los países de la unión europea que lideran la transición hacia la economía circular y a la vez el % de residuos que estos generan, lo que genera la necesidad de incorporar este modelo de producción y consumo.

**Figura 4**

*Avances de los Estados miembro Unión Europea hacia una economía circular*



*Nota.* Estadísticas del avance en circularidad y generación de residuos en los países de la unión europea. *Fuente.* Informe Circular material use rate y Generation of waste de Eurostat

### *Avances de la Economía Circular en América Latina y el Caribe*

En el 2016, en América Latina y el Caribe se generaron más de 605.000 toneladas de residuos al día, con un promedio de 0,97 kilogramos per cápita por día, y se estima que para 2050 esa cifra aumente hasta un 25%. Los países caribeños muestran cifras relativamente más altas a causa de la industria turística (PNUMA, 2018e). En cuanto al aprovechamiento y disposición final de los residuos, no se cuenta con infraestructura necesaria para lograr obtener mejores resultados respecto a la generación de estos.

Esta necesidad ha llevado a reforzar las legislaciones y políticas, que permitan incentivar a productores, proveedores, consumidores y demás actores de los sistemas productivos a crear modelos de negocio responsables que incorporen sus residuos como parte del ciclo de vida del producto final y el cambio de mentalidad en el estilo de vida de las personas. Para ello algunos países como Colombia en el 2021 había suscrito 12 pactos regionales para la

Estrategia Nacional de Economía Circular, que fue lanzada en el 2018, con el objetivo de aumentar la tasa de reciclaje y utilización de residuos, que es del 8,7%, para que en 2030 ascienda al 17,9%, y en el caso de los productores de envases y empaques en el país deberían aprovechar el 10% de los residuos en 2021 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, 2019a).

En el caso de México se ha logrado evidenciar un avance en circularidad en la industria automotriz y de papel. A nivel local, la ciudad de México lanzó en el 2019 un plan de acción denominado Basura Cero, que busca mejorar la infraestructura para conseguir transformar 12.700 toneladas de residuos sólidos que se generan diariamente en la ciudad, por medio de procesos de reciclaje que faciliten la incorporación de estos residuos en obras y construcciones públicas. (Ciudad de México, 2019).

Perú, por su parte adoptó en el 2020 una hoja de ruta hacia la economía circular que abarca una serie de medidas enfocadas en la reutilización, reciclaje y remanufacturación, en sectores como la industria, la pesca y la agricultura.

Chile, también ha hecho una hoja de ruta hacia la economía circular al 2040, además de promulgar la Ley número 20920 que establece marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje (Ley REP), con esta ley el gobierno busca financiar fondos para el reciclaje, educación que promueva los hábitos sostenibles, conocimiento técnico e infraestructura para llevar a cabo la gestión de aprovechamiento de residuos. (Ministerio del Medio Ambiente, 2021)

Ecuador, firmó el pacto por la Economía Circular que está adherida al Acuerdo Nacional por la Competitividad, Empleo e Innovación, que se puso marcha en el 2019 entre el gobierno, representantes del sector productivo, académicos y organizaciones sociales; siendo este la base para la creación del documento Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador, que sirve como guía para la generación de proyectos responsables y sostenibles hacia la transición de la EC. (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2021)

En República Dominicana, se aprobó en 2020 la Ley General de Gestión Integral y Coprocesamiento de Residuos Sólidos núm. 225-20, esta legislación promueve la reducción, la reutilización, el reciclaje, el aprovechamiento y la valorización de los residuos. (República Dominicana, 2020)

En los países del Caribe, se ha venido trabajando en políticas y estrategias que ayuden a reducir la pérdida de los ecosistemas naturales, ocasionada por los residuos generados en la actividad turística unas principales fuentes de su economía.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) es una de las organizaciones regionales que contribuye al desarrollo económico y social sustentable de los países de América Latina y el Caribe, fundada en 1948. A partir de allí se encargó de ser un canal de comunicación entre los diferentes países de la región, que han permitido llevar a cabo la transición a la economía circular.

### ***Avances de la Economía Circular en Colombia***

En el plan nacional de desarrollo 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad, específicamente en el capítulo del Pacto por el Emprendimiento y la Productividad, se ha propuesto la hoja de ruta para activar la transición hacia el modelo de economía circular y sostenibilidad, que tiene como principio “producir conservando y conservar produciendo”. (Ministerio de relaciones exteriores, 2024)

Saer Alex (2021), explicó en la cumbre del COP26 que fue realizada en Glasgow (Escocia), 6 de noviembre de 2021 como “La meta es transformar 200.000 toneladas de envases y empaques de cartón, de plásticos, de aluminio y de vidrio; esto equivale al 10 % de los envases y empaques que se colocan en el país anualmente; si todo esto se aprovecha y es reintegrado a las cadenas de valor, va a significar una reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub>”, para llevar a cabo esto el Gobierno lanzó en el 2019 la Estrategia Nacional de Economía Circular que estimula a cambiar nuestro modelo lineal de producción, hacia una perspectiva de eficiencia en los recursos, el uso circular de los materiales y la preservación de los ecosistemas; dando prioridad al flujo de materiales. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).

Otra iniciativa es la Estrategia Nacional de Economía Circular que propone cinco formas para llevar a cabo la circularidad en nuestro país, las cuales son: la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), los nuevos modelos de negocio, parques industriales ecoeficientes,

ciudades sostenibles y las cadenas de valor sostenibles. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, vemos que la economía circular es una herramienta que contribuye al objetivo de un planeta sostenible y saludable para las generaciones presentes y futuras. Es necesario crear conciencia de nuestras acciones en el entorno y tomar las medidas necesarias para mitigar la huella ecológica. Por ello, la importancia de promover la educación, la cultura, la innovación y las estrategias de circulación de materiales, ya que estas son claves para generar un impacto efectivo en nuestra sociedad.

## **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**

Es necesario realizar la integración entre la Economía circular con las directrices de la agenda 2030 para el desarrollo sostenible aprobada por las Naciones Unidas, con el fin de analizar la relación de estas dos iniciativas en el contexto de la industria del plástico en Colombia. Esto permitirá fortalecer las acciones orientadas a una economía verde que permita el cumplimiento de los principios y objetivos de actividades sostenibles.

### **Origen del Concepto del Desarrollo Sostenible**

El concepto del desarrollo sostenible nace a raíz de la crisis social y ambiental que tuvo lugar a principios de 1950, cuando el crecimiento de la población y la economía se dio a un ritmo acelerado en el mundo. En el caso del aumento de la población se da a finales de la segunda mitad del siglo XIX, donde se pasó de 1000 millones de habitantes en el año 1800 a 2525 millones en 1950 y para el año 2017, ya se contaba 7550 millones (Roser & Ortiz, 2017); en el caso de la aceleración de la economía, se dio con el crecimiento del PIB mundial, teniendo como principales actores la producción y el consumo de bienes y servicios.

Pero fue hasta 1987 cuando en el informe de “Nuestro futuro común” de la Comisión Brundtland, constituida en 1983, cuando se presentó ante la sociedad el término de desarrollo sostenible, como “el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades” (Rodríguez & Vélez, 2018, p. 4), a través de tres dimensiones las cuales son el ambiental, económico y social.

En la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en junio de 1992, fue el medio para formalizar el concepto de desarrollo sostenible, mediante la proclamación de 27 principios enfocados en el respeto de los intereses de todos, la protección ambiental y el desarrollo mundial. (Naciones Unidas, 1992), que luego fueron

recogidos en el año 2000 por los objetivos de desarrollo del Milenio (OMD) que estaban orientados a promover el desarrollo de los países más pobres del mundo. En el año 2015 se dio un nuevo comienzo para el desarrollo sostenible en el mundo con la adopción de Agenda 2030 y el Acuerdo de París sobre Cambio Climático.

### **Características de los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

Los 17 ODS, son un plan que se trazó con el fin de alcanzar un futuro sostenible para el mundo, mediante la incorporación de los desafíos que debe enfrentar el ser humano a diario como la pobreza, la desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad, la paz y la justicia.

Se consideran objetivos de desarrollo sostenible, debido a que fueron pensados como un instrumento para mejorar la calidad de vida de las personas a través de:

- El uso de recursos eficientemente.
- Buscar la forma en que las actividades económicas proporcionen el menor impacto en el sistema ambiental.
- Restaurar los ecosistemas dañados por las acciones humanas.
- Reconocer la importancia de la naturaleza en el desarrollo de cualquier tipo de vida que existe en el mundo.
- Asegura la prosperidad económica.
- Satisface las necesidades principales de las personas.
- Mejora las relaciones sociales, económicas y políticas entre las naciones.
- Protege los derechos humanos.

Teniendo en cuenta, lo anterior los ODS son esenciales para promover la consciencia global y la acción colectiva, como parte de los retos a los que estamos expuestos día a día, y en donde el papel de la sociedad de ser actores del cambio.

### **Principios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

Los ODS fueron proclamados para lograr resultados concretos y medibles. Estos se basan en los siguientes principios:

- **Limites Planetarios:** Delimitar el espacio en que la humanidad se desarrolla para comprender hasta dónde llega el deterioro ambiental. Esto permite tomar medidas en los sistemas de desarrollo humano que fomenten la innovación, el crecimiento y la prosperidad global.
- **Equidad intergeneracional:** El bienestar de las generaciones futuras no debería estar amenazado por las acciones de las generaciones actuales. Ya que ambas generaciones deberían contar con los recursos y el tiempo necesarios para su desarrollo.
- **Integración de las dimensiones ambiental, social y económica:** Estos sistemas están interconectados, por lo que su deterioro impacta significativamente el desarrollo del otro. La dimensión económica, “se centra en mantener el proceso de desarrollo económico por vías óptimas hacia la maximización del bienestar humano, pero se deben tener en cuenta las restricciones impuestas por la disponibilidad del capital natural”. (Coutiño & Castellanos, 2015, p. 109), la dimensión social “consiste en reconocer el derecho a un acceso equitativo a los bienes comunes para todos los seres humanos, en términos intrageneracionales e intergeneracionales, tanto entre géneros como entre culturas”. (Coutiño & Castellanos, 2015, p. 110) y La dimensión ambiental, es “la capacidad que tengan los actores institucionales y los agentes económicos para conocer y manejar, según una perspectiva de largo plazo, su stock de recursos naturales renovables y su medio ambiente”. (Coutiño & Castellanos, 2015, p. 110).

## Descripción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

### 1. Fin de la pobreza.

Erradicar la pobreza extrema para todas las personas del mundo y poner en prácticas medidas que permitan la protección social para las personas más vulnerables.

### 2. Hambre cero.

Asegurar el acceso de todas las personas a una alimentación sana y nutritiva, a través de duplicar la productividad agrícola, aumentando la inversión en el campo agrícola, contribuyendo a la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y mantener diversificadas la genética de las semillas.

### 3. Salud y bienestar.

Fortalecer la prevención y tratamiento de enfermedades que causen la muerte en niño, madres gestantes y demás personas. Lograr que se garantice el acceso a la salud en el mundo.

### 4. Educación y calidad.

Asegurar que todos los niños tengan acceso a la educación, con el fin de mejorar la vida y el desarrollo sostenible de la sociedad.

### 5. Igualdad de género.

Erradicar la discriminación contra las mujeres y niños, mediante marcos legales y empoderamiento de la mujer.

### 6. Agua limpia y saneamiento.

Dar acceso universal y equitativo al agua potable, el saneamiento y la higiene, por medio del uso eficiente de los recursos hídricos y reducir la contaminación para mejorar la calidad del agua.

### 7. Energía asequible y no contaminante.

Aumentar el uso de energías renovables mediante inversión financiera y compromiso de los diferentes países. Garantizar que las personas tengan acceso la energía segura y sostenible.

8. Trabajo decente y crecimiento económico.

Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica, la innovación, la promoción de políticas orientadas al desarrollo de la economía y a la formalización del empleo.

9. Industria, innovación e infraestructura

Promover y aumentar una industria inclusiva y sostenible, que contribuya al aumento del empleo y el producto interno bruto. Así, como mejorar el acceso de las pequeñas empresas a los servicios financieros y la integración en los mercados mundiales.

10. Reducción de las desigualdades

Mantener o aumentar los ingresos de las poblaciones más pobres, mediante la inclusión social, económica y política, para lograr el acceso a mejores oportunidades.

11. Ciudades y comunidades sostenibles

Mejorar la planificación y gestión urbana para que sea más inclusiva, segura y sostenible, para que las personas cuenten con los espacios necesarios para su desarrollo humano.

12. Producción y consumo responsable

Lograr una gestión ecológica racional de los productos químicos y todos los desechos a lo largo del ciclo de vida y reducir considerablemente la generación de desechos mediante la prevención, reducción, reciclado y reutilización.

13. Acción por el clima

El cambio climático afecta a todas las formas de vida en la tierra, por lo que se busca incorporar medidas que mitiguen el deterioro ambiental y promuevan la educación,

sensibilización y capacidades en las personas para afrontar los cambios relacionados con el clima y la naturaleza.

14. Vida submarina

Prevenir y reducir la contaminación de todo tipo en los ecosistemas marinos, minimizar los efectos de la acidificación de los océanos y estructurar de forma responsable los mercados insulares.

15. Vida de ecosistemas terrestres

Conservar la vida de ecosistemas terrestres, por medio de la protección y restablecimiento de este tipo de ecosistemas, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras, y detener la pérdida de biodiversidad.

16. Paz, justicia e instituciones sólidas

Promover sociedades pacíficas e inclusivas, facilitar el acceso a la justicia para toda la población y crear instituciones eficaces, responsables e inclusivas. Las personas de todo el mundo deben vivir libres del miedo a cualquier forma de violencia y sentirse seguras en su día a día, sea cual sea su origen étnico, religión u orientación sexual.

17. Alianzas para lograr los objetivos

Lograr la asociación de todos los países, tanto desarrollados como en desarrollo, para lograr la cooperación y el apoyo en el cumplimiento de las metas de los ODS propuestos.

**Figura 5***Objetivos de Desarrollo Sostenible*

*Nota.* Representación de los ODS establecidos en la Agenda 2030. *Fuente.* Naciones Unidas.

En conclusión, se puede afirmar que la economía circular contribuye positiva y directamente al cumplimiento de los ODS e impacta directamente en las dimensiones del crecimiento económico y la protección del medio ambiente. Por otro lado los ODS son una herramienta de planificación y seguimiento para los países, proporcionando una visión a largo plazo que apoya un desarrollo sostenible, inclusivo y equilibrado con el medio ambiente.

El cumplimiento de estos objetivos requiere de acciones contundentes que garanticen recursos, políticas y soluciones que beneficien a todos.

## **La Economía Circular en Relación con el Plástico y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**

En un contexto global donde el concepto sostenibilidad ha tomado gran importancia, la economía circular nace como una solución para enfrentar los retos ambientales, en especial la industria del plástico, que es un material con grandes beneficios a nivel productivo, pero que ha generado problemas relevantes de contaminación y gestión de residuos.

La correlación de la economía circular en la industria del plástico se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), ya al adoptar principios de Economía Circular, se aspira no solo reducir los impactos ambientales del plástico, sino también avanzar en las metas propuestas de los ODS, que involucren la producción y el consumo responsables.

### **Economía Circular en la Industria de los Plásticos**

Para establecer una economía circular en el plástico es necesario tener clara cuál es la visión que se quiere conseguir por medio de este modelo económico, así como ser consciente del esfuerzo e inversión que esto requiere, además de reconocer la importancia que tiene a nivel económico y ambiental. Esto implica adoptar un enfoque integral sobre el ciclo de vida de los productos plásticos que se producen y consumen diariamente.

Es importante tener en cuenta la trayectoria de vida de un producto, que comienza desde su diseño hasta que llega al Cliente, ya que esto permitirá que las empresas exploren otras formas de innovar desde el origen y transformar el modelo basado en extraer-producir-desperdiciara en una economía donde se prevengan los residuos, dando lugar a procesos productivos que faciliten la reintegración de materiales al proceso de fabricación y se utilicen energías renovables, para lo cual es necesario llevar a cabo las siguientes acciones:

- Eliminar todos los productos plásticos innecesarios

- Innovar para asegurar que los plásticos que sean útiles se puedan reutilizar, reciclar o sean compostables.
- Circular, lograr que todos los materiales plásticos que se utilicen puedan mantenerse dentro de la economía y sin llegar al medio ambiente.

En el caso de una economía circular para el plástico se debe la visión que se tiene acerca de este modelo y que se quieren lograr, como lo son detener la contaminación que llega a los océanos en un 80 %, reducir gases de efecto invernadero en un 25%, generar ahorro de aproximadamente USD 200 millones por año, el uso del plástico esta desvinculado al consumo de recursos naturales, los envases plásticos deben estar libres de productos químicos que afecten la salud, seguridad y derechos de las partes interesadas, generar 700.000 empleo sostenibles y que en el futuro el 100% de los plásticos que se utilicen sean reutilizables, reciclables y compostables. (Foundation Ellen macarthur, 2024)

Las diferentes practica que ha plantea la economía circular para afrontar los desafíos que enfrenta la industria del plástico para dar repuesta al llamado universal de la ONU (Organización Naciones Unidas) para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos para el año 2030, han determinado la relación que existe entre estos conceptos. Este proceso de cambios establece el vínculo que existe entre la EC, la industria del plástico y los ODS, así como las ventajas y desventajas que ha traído el desarrollo de acciones que buscan satisfacer las necesidades del presente sin comprometer el futuro de una economía que supera la cifra de 1 trillón de dólares al año y representa el 45% de la producción mundial de plásticos primarios (UNCTAD, 2021), lo que ha llevado a muchos países participan de manera activa en este tipo de comercio.

Al realizar una comparación de la relación que existe entre estas medidas adoptadas para fortalecer el desarrollo social, económico y ambiental del mundo. La economía circular aplicada en los plásticos puede contribuir a las metas e indicadores para alcanzar los ODS asociados como lo son: ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), ODS 7 (Energía asequible y limpia), ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS 9 (industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles), ODS 13 (acción por el clima), ODS 12 (Producción y consumo responsables), ODS 14 (vida submarina) y ODS. 15 (Vida en la Tierra).

Uno de los ODS que más repercusión tiene con el modelo de EC, es el ODS 12, debido a que la economía circular puede mejorar la eficiencia y el aprovechamiento de los residuos, reciclándolos o dándoles una nueva vida para convertirlos en nuevos productos, mediante metodologías como acuerdos y estrategias de transición de actividades económicas lineales a circulares, la promoción de la responsabilidad social empresarial, el ecoetiquetado, la educación ambiental y el acceso a la información son herramientas que permiten lograr el cumplimiento de las metas de este objetivo (CEPAL, 2019).

En el caso del ODS 13, según el Circular Gap Report (2019), las medidas de economía circular podrían reducir el efecto invernadero, emisiones de gases en las industrias del acero, plástico, aluminio y cemento mediante la recirculación de materiales y mejora en la eficiencia energética lo que conllevaría entre el 2015 y 2100 reducir la contaminación global por emisiones de gases de efecto invernadero en un 63% para 205, y esto podría llegar hacer aún más, si se implementan tecnologías bajas en carbono existentes.

Es necesario impulsar modelos económicos innovadores desde la parte sostenibles, que permitan aumentar la participación de pequeñas empresa en el desarrollo de la economía circular, mediante estrategias asequibles como nueva infraestructura, procesos circulares de gestión de

residuos / recursos, llevando a la industria a diseñar nuevos productos o servicios que proporcionen un impacto positivos en el medio ambiente; lo que contribuiría al objetivo ODS 9 industria, innovación e infraestructura.

Uno de los principios que se plantean en la economía circular es reutilizar, mediante una de las actividades que ha cobrado mayor importancia como lo es el reciclaje que ayuda a la gestión de los residuos sólidos, reduciendo la contaminación y el deterioro de los recursos naturales y formas de vida en la tierra, siendo así que aporte a las metas planteadas en los ODS 6, 14 y 15.

A partir de la EC nace la posibilidad de generar nuevos empleos verdes que aportan al desarrollo de una economía solididad y la creación de nuevas oportunidades para las personas, de tal forma que se alcanzaría el trabajo decente y crecimiento económico ODS 8.

Por otro lado, la transformación de los procesos industriales lineales a la circularidad que tiene como enfoque la incorporación de los residuos obtenidos al final del ciclo de vida de un producto y el uso eficiente de la energía, a partir de la generación de energía de fuentes renovables, tendría un impacto directo con el ODS 7 Energía asequible y limpia.

Finalmente, todas las medidas que han tomados los organismos de gobierno, públicos y privados, para avanzar en la alineación entre el sector del plástico con y el medio ambiental en el que se desarrolla, ha llevado a la búsqueda de alternativas a favor del bienestar de las personas, el planeta y la prosperidad.

Para ello, es necesario conocer las diferentes soluciones a las que se ha enfrentada la industria plástica para transformar su proceso lineal de producción en uno circular, cumplimiento así con los ODS a los que impacta:

### ***Reciclaje de Plástico***

Es el proceso de descomposición de los materiales plásticos, a través de la forma mecánica o química, para obtener materiales que se puedan utilizar en la fabricación de nuevos productos. Por lo cual es importante promover la innovación en el diseño del producto y contar con una infraestructura sólida de recolección y aprovechamiento al final de la cadena.

### ***Compostaje de Plásticos***

Los materiales al terminar su vida útil son sometidos a un proceso de desintegración, mediante condiciones específicas como la temperatura y la humedad para que se convierta en biomasa, agua y dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Esta puede que no sea una solución que resuelva la crisis de contaminación, pero si se lleva a cabo de una manera correcta se logra incorporar nuevamente gran parte de estos residuos a la cadena de suministro.

### ***Sustitución***

Los plásticos son reemplazados por otro tipo de materiales que no contenga componentes plásticos, permitiendo de esta forma obtener oportunidades de utilizar materiales que son de fácil degradación natural, reduciendo impactos en el medio ambiente.

### ***Regulaciones***

Que permiten contar con medidas que regulan la producción y uso de plásticos, así como esquemas de responsabilidad extendida al productor, declaraciones ambientales e implementación de ecoetiquetas.

Con base en lo anterior, se puede decir que el plástico puede usarse de manera responsable en el desarrollo de actividades económicas mediante un modelo de producción y consumo que minimice el desperdicio y maximice la reutilización de los recursos. Este enfoque difiere con la tradicional economía lineal de "tomar, hacer, desechar" y promueve prácticas de

fabricación y consumo responsables. Al adoptar el modelo de EC, se quiere mejorar el impacto del plástico en los ámbitos social, económico y medioambiental, aportando así al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

### **Análisis de la Información Recolectada en las Bases de Datos Bibliográficas**

La construcción teórica, realiza en las secciones anteriores de este trabajo ha sido fundamental para el análisis de la revisión documental. Ya que al definir claramente los conceptos de economía circular, industria del plástica y Objetivos de Desarrollo Sostenible, se ha facilitado la identificación de contenido científico-técnico sobre sostenibilidad circular que se ha desarrollado a partir de la investigación académica, con enfoques hacia la profundización de metodologías, herramientas, proyectos de innovación y ensayos de laboratorio que han permitido comprender que los residuos generados por nuestras acciones cotidianas, pueden representar grandes oportunidades económicas, sociales y ambientales.

Para llevar a cabo este trabajo, se realizó una clasificación de 50 referencias bibliográficas consultadas en diferentes bases de datos documentales como Science Direct, Ebsco, Scopus, IEEEExplore, Scielo. Además, se consultaron organizaciones especializadas en el tema, como Acoplásticos.

El sistema de búsqueda de información en estas bases de datos se realizó mediante una ecuación de búsqueda que contenía palabras clave. Estas palabras generaron una mayor coincidencia y concordancia en la búsqueda bibliográfica. La ecuación utilizada fue: *Implementation AND waste AND plastics AND Circular OR Colombia.*

A medida que se identificaba la información, se construyó una matriz de análisis documental como técnica de investigación. Esta matriz permitió extraer las ideas principales y cuantitativas del contenido de las publicaciones, facilitando así una mejor interpretación.

Dado lo anterior, es importante desatacar que las investigaciones realizadas están distribuidas en diferentes ciudades de Colombia, donde se han implementado planes piloto para el aprovechamiento de residuos plásticos. Estos residuos se han utilizado como materiales para el

desarrollo de otras actividades económicas, así, como se ha abierto la puerta para evaluar las ventajas y obstáculos en el manejo de los plásticos al terminar su ciclo de vida y el impacto que esto tiene en el crecimiento a futuro de esta industria.

Para lograr el propósito de cuantificar la cantidad de publicaciones encontradas en cada base de datos consultada, se realiza un análisis de datos, como se muestra en la tabla 4 y gráfico

**Tabla 4**

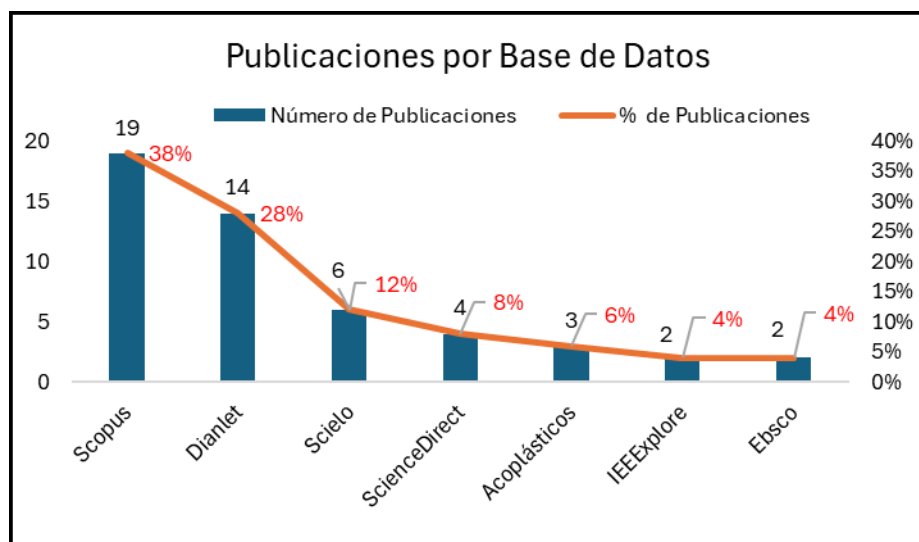
*Cantidad de publicaciones por base de datos consultada*

Base de Datos	Número de Publicaciones	% de Publicaciones
Scopus	19	38%
Dianlet	14	28%
Scielo	6	12%
ScienceDirect	4	8%
Acoplásticos	3	6%
IEEEExplore	2	4%
Ebsco	2	4%

*Nota.* Análisis de la cantidad de publicaciones sobre economía circular en la industria del plástico encontrada en las diferentes bases de datos consultadas. *Fuente.* Elaboración propia a partir de matriz documental realizada

**Figura 6**

*Numero de publicaciones por base de datos consultadas*



*Nota.* La grafica muestra la cantidad y su equivalencia en % de las publicaciones encontradas en las diferentes bases de datos consultadas. *Fuente.* Elaboración propia.

A partir de esta información podemos ver la distribución de información encontrada en cada una de las bases de datos, donde el 66% se concentró en dos bases de datos, las cuales fueron: Scopus con 19 publicaciones que corresponden a un 38% de los documentos revisados, seguida de Dianlet con 14 documentos que pertenecen al 28% de la muestra total de 50 publicaciones. El innecesaria del 34% se distribuyó en las demás bases de datos.

El número de publicaciones científicas-técnicas en un periodo de tiempo del 2018 al 2023 se ve reflejado en la tabla 5 y el gráfico 2, sobre el tema abordado revisión de estado del conocimiento sobre los avances de la economía circular en la industria del plástico en Colombia, donde se puede evidenciar que a partir del año 2018 se tiene un mayor % de publicaciones realizadas; esto supone un crecimiento en el interés por promover procesos de investigación y proyectos directamente relacionados con la implementación estrategias de economía circular en nuestro país, orientados abordar desde otras perspectivas uso de materiales plásticos.

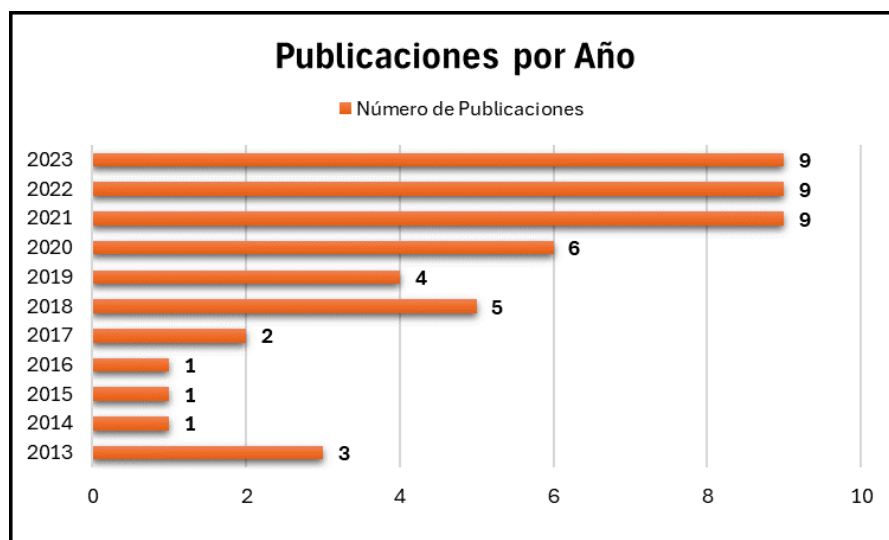
**Tabla 5***Numero de publicaciones por año*

Año de Publicación	Número de Publicaciones	% de Publicaciones
2013	3	6%
2014	1	2%
2015	1	2%
2016	1	2%
2017	2	4%
2018	5	10%
2019	4	8%
2020	6	12%
2021	9	18%
2022	9	18%
2023	9	18%

*Nota.* Cantidad de publicaciones sobre los avances de la EC en la industria del plástico en un periodo del 2013 al 2023. *Fuente.* Elaboración propia a partir de los documentos revisados.

**Figura 7**

*Publicaciones publicadas durante los años 2013 a 2023*



*Nota.* La grafica muestra el número de publicaciones que se realizaron por año sobre los avances de la economía circular en Colombia en un periodo de tiempo del 2013 al 2023. *Fuente.*

Elaboración propia.

En la actualidad, se puede decir que la investigación es un elemento importante en el desarrollo económico y social de un país. En la tabla 6 y gráfico 3 se pueden ver los países que han desarrollado artículos experimentales, exploratorios, teóricos y aplicados sobre el estudio de la economía circular en la industria de plásticos en Colombia.

**Tabla 6***Porcentaje de publicaciones por países*

País	% de Publicaciones
Colombia	80%
Colombia / México	4%
Colombia / Brasil	2%
Colombia / Corea de sur	2%
Colombia / España	2%
Colombia / Reino unido	2%
Colombia /Chile	2%
Colombia/ Suiza	2%
Suiza	2%
Suiza / Alemania /Estados Unidos / Colombia	2%

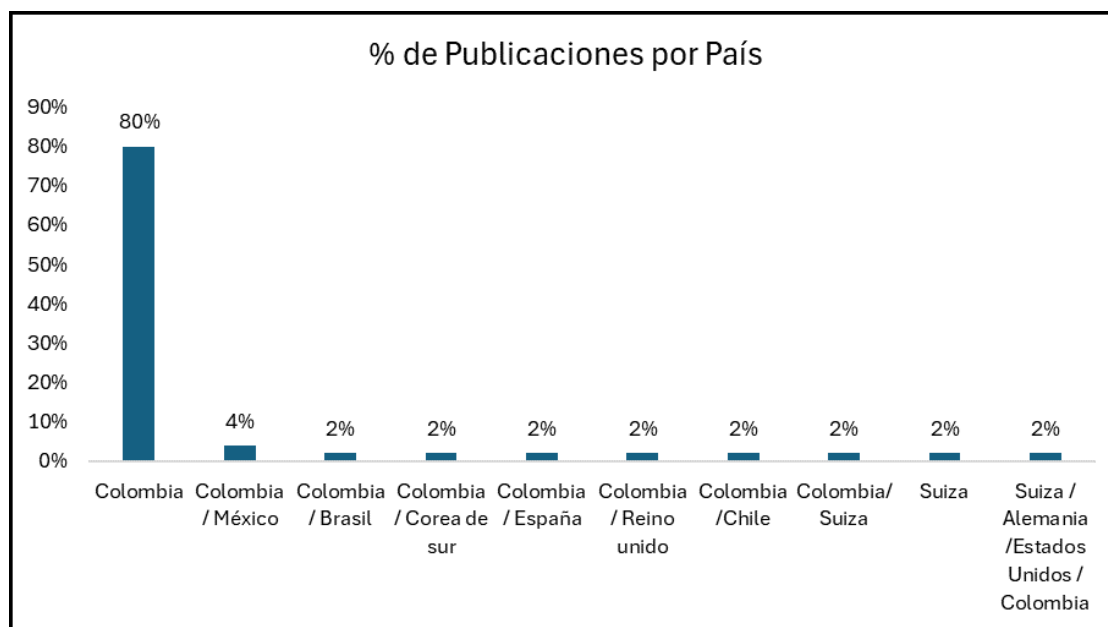
---

*Nota.* Análisis de los países que realizaron investigaciones sobre EC en la industria del plástico.

*Fuente:* Elaboración propia a partir de la bibliografía revisada.

## Figura 8

*% de participación y países que realizaron publicaciones en Bases de Datos.*



*Nota.* La grafica muestra los países que participaron en investigaciones sobre la economía circular en Colombia durante los años 2013 a 2023. *Fuente.* Elaboración propia.

En los resultados obtenidos luego del análisis, se evidencia que el 80% de las publicaciones consultadas en las diferentes bases de datos corresponden a autores colombianos de diversas instituciones académicas, quienes se han enfocado en promover el conocimiento y la investigación que respaldan nuevas innovaciones.

El 20% restante se distribuye entre países de América Latina, Europa y Asia; en los que sigue estando Colombia presente en la construcción de investigaciones en conjunto con otros países, lo que ha permitido generar diferentes fuentes de conocimiento sobre economía circular enfocada al plástico y el desarrollo de estrategias para lograr la sostenibilidad a largo plazo.

## **Conclusiones y Proyección de Nuevas Investigaciones**

Luego de la recopilación de información en diferentes bases de datos documentales se puede constatar, una participación e interés activo por parte de los sectores académicos, organizaciones empresariales y gobierno de Colombia por avanzar hacia un cambio cultural sobre la gestión integral de residuos, la reutilización de materiales, el desarrollo de nuevos procesos y tecnologías destinadas a integrar consideraciones ambientales en todas las etapas del ciclo de vida de los productos plásticos.

En la revisión y análisis realizados de estudios previos que tratan el desarrollo de la economía circular, se logra una visión general sobre el estado del arte en el que se pudo ratificar uno de los objetivos propuestos en este trabajo, sobre la construcción de conocimiento relacionado con el desarrollo sostenible del proceso productivo del plástico y sus aspectos más relevantes que pueden afectar la competitividad de las organizaciones y los recursos utilizados en sus procesos.

Por otra parte, se determina que el modelo de economía circular aplicada a la industria del plástico permite la alineación y cumplimiento de los ODS, a través de una visión transformadora que busca el desarrollo sostenible basado en el bienestar de las personas y la protección del medio ambiente.

Sin embargo, aún se requiere un compromiso continuo y estratégico que permitan un crecimiento gradual en el desarrollo de estrategias que fortalezcan el reciclaje del plástico, la innovación a partir de la reutilización de materiales plásticos, la reducción de residuos y la disminución de la huella ambiental de la industria,

Los resultados hallados en este proyecto, corroborar la hipótesis propuesta en este trabajo, ya que la economía circular influye positivamente en la industria del plástico, en cuanto

a la generación de mayores oportunidades de participación en los mercados globales, un mejoramiento a nivel ambiental de sus procesos y un crecimiento sostenible de la industria en el país. Así, como también permite sin duda contribuir a las metas y a los indicadores para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), mediante modelos de consumo y producción sostenibles que permitan repensar y rediseñar la forma en que se realizan las cosas.

Se sugiere para futuras investigaciones explorar a profundidad los casos de éxito que demuestran como diferentes empresas colombianas han logrado integrar prácticas de economía circular en sus procesos de producción y comercialización, generando beneficios ambientales e impulsando el crecimiento y competitividad empresarial.

## Referencias Bibliográficas

- Acevedo, B., & Posada, E. (2019). *Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto*. *Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín*, 18(34), 45-56. <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v18n34/1692-3324-rium-18-34-45.pdf>
- Acoplásticos. (2018). *Plásticos en Colombia 2018-2019. Informe General*. Asociación Colombiana de Plásticos. <http://www.acoplásticos.org/index.php/mnu-nos/mnu-pyr/pec>
- Acoplásticos. (2023). *Acoplásticos se une a la firma del Pacto de Plásticos y Elementos de un Solo Uso liderado por MinAmbiente*. Asociación Colombiana de Plásticos <https://acoplásticos.org/2023/10/19/lorem-ipsam-dolor-sit-amet-consectetur/>
- Acoplásticos. (2023). *Plásticos en Colombia 2023*. Asociación Colombiana de Plásticos <https://acoplásticos.org/2023/12/04/plasticos-en-colombia-2023/>
- Aidenvironment. (2016). *Article Low prices drive natural rubber producers into poverty*. <https://fairrubber.org/wp-content/uploads/2020/11/Aidenvironment-Rubber-sector.pdf>
- Afanador, J., Bonilla, L., Kafarov, V., León, F., & Carreño, L. (2022). *Plastic waste to energy: Technology solutions based on sustainability criteria for a medium-sized city in Latin America, considering the COVID-19 pandemic*. *Chemical Engineering Transactions*, 94, 475-480. <https://doi.org/10.3303/CET2294079>
- Amar, S., Ardila, N., & Barrera, R. (2019). *Simulación y obtención de combustibles sintéticos a partir de la pirolisis de residuos plásticos*. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(2), 306-326. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.1285>
- Aranzales, M. (2020). *Diseño de ecocubiertas en material plástico reciclado reforzado con fibra de fique (Furcraea andina) para mejorar las condiciones de habitabilidad de las*

- viviendas del sector rural colombiano. Revista ONTARE*, 8, 11-30.  
<https://doi.org/10.21158/23823399.v8.n0.2020.2616>
- Aristizábal, E., González, L., & Gutiérrez, C. (2020). *Análisis del ciclo de vida y cálculo de la huella de Carbono para un proceso de reciclaje de botellas PET en Medellín (ANT). Producción + Limpia, [online] 15(1)*, pp.7-24. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n1a1>
- Bautista, K., Hernández, N., Solano, J., Orjuela, D., & Acevedo, P. (2023). *Life cycle analysis for the recycled expanded polystyrene (EPS) and polypropylene (PP) mixture as an alternative material in the construction sector. Chemical Engineering Transactions*, 99, 247-252. <https://doi.org/10.3303/CET2399042>
- Blanco, O. (n.d.). *Apuntes sobre el concepto de modelo productivo: Estructura, formación social y producción de subjetividades.*  
[http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1514-68712014000100026&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1514-68712014000100026&lng=es&tlng=es)
- Blandón, A. (1996). *RESEÑA DE "ECONOMÍA DE LOS RECURSOS NATURALES Y DEL MEDIO AMBIENTE" PEARCE ET AL. Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 11(1). Universidad Nacional de Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/113/11311110.pdf>
- Belda, I. (2018). *Economía circular: Un nuevo modelo de producción y consumo sostenible.* Tebar. Consultado en línea en la Biblioteca Digital de Bogotá.  
<https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3401716/>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). (n.d.). *Economía circular: Conceptos y referencia legislativa sobre residuos domésticos en la Unión Europea y China [PDF]*.  
[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32579/1/Economi\\_\\_a\\_circular\\_referencia\\_legislativa\\_UE\\_y\\_China\\_FINAL.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32579/1/Economi__a_circular_referencia_legislativa_UE_y_China_FINAL.pdf)

- Boulding, K. (1966). *The economics of the coming spaceship Earth*. En H. Jarrett (Ed.), *Environmental quality in a growing economy* (pp. 1-14). Resources for the Future/Johns Hopkins University Press.
- Boulding, K. (2012). *La economía de la futura nave espacial Tierra*. *Revista de Economía Crítica*, 14, 327-338. <https://revistaeconomicritica.org/index.php/rec/article/view/516>
- Belda, I. (2018). *Economía circular: Un nuevo modelo de producción y consumo sostenible*. Tebar. Consultado en línea en la Biblioteca Digital de Bogotá. <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3401716/>
- Cañola, D., Granda, F., & Quintero, L. (2021a). *Aprovechamiento de residuos en la construcción de galpones como alternativa de sostenibilidad en el corregimiento El Prodigio, en San Luis, Antioquia-Colombia*. *TecnoLógicas*, 24(51), 77-93. <https://doi.org/10.22430/22565337.1830>
- Cámara Argentina de la Industria Plástica. (n.d.). *Historia de los plásticos*. Recuperado de <https://www.caip.org.ar/historia-de-los-plasticos/>
- Carvajalino, D., Romero, A., López, M., González, Á., & Ardila, N. (2022a). *Economía circular en Colombia: Panorama y estrategias para acelerar su implementación*. En *Ingeniería y Desarrollo en la Nueva Era* (pp. 187-200). ISBN 978-628-95135-5-4. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8732161>
- Cárdenas, N. (n.d.). DANE - *Sobre-economía*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/ambientales/economia-circular/sobre-economia>.
- Cárdenas, J., Higuera, C., Coral, M., & Gil, P. (2023). *Assessment of the mechanical and durability properties of cementing mortars reinforced with different proportions of PET*

- fibers (PFRM). In 2023 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)* (pp. 1-5). <https://doi.org/10.1109/CONIITI61170.2023.10324192>
- Carrillo, G. (2009). *Una revisión de los principios de la ecología industrial. Argumentos*, 22(59), 247-265. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57952009000100009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952009000100009&lng=es&tlng=es)
- Cradle to Cradle Certified® - *Cradle to Cradle Products Innovation Institute*. (n.d.). <https://c2ccertified.org/the-standard>
- Cervantes, G., Sosa, R., Rodríguez, G., & Robles, F. (2009). *Ecología industrial y desarrollo sustentable. Ingeniería*, 13(1), 63-70. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46713055007>
- Cervantes, G. (2011). *Ecología industrial: Innovación y desarrollo sostenible en sistemas industriales. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 6, 58-78. <http://hdl.handle.net/2099/11914>
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). *Economía circular. Economía Industrial*, 401, 11-20. <https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>
- Circle Economy. (2019). *The Circularity Gap Report 2019*. <https://www.circle-economy.com/resources/the-circularity-gap-report-2019>
- CIRAIG. (2015). *Circular economy: A critical literature review of concepts. Centre for the Life Cycle of Products, Processes and Services*. [https://ciraig.org/wp-content/uploads/2020/05/CIRAIG\\_Circular\\_Economy\\_Literature\\_Review\\_Oct2015.pdf](https://ciraig.org/wp-content/uploads/2020/05/CIRAIG_Circular_Economy_Literature_Review_Oct2015.pdf)
- Chicaiza, T., & Robles, C. (2021). *Propuesta de economía circular para la recuperación de valor de los residuos frutícolas en la producción de empaques. DYNA: Revista de la*

- Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, 88(217), 140-149. <https://doi.org/10.15446/dyna.v88n217.91850>
- Chicas, M., & Arias, A. (2022). *Valor compartido a través de la economía circular: Reinventando la cadena de valor de la logística de plásticos en Colombia. Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 18(35), 1-11.  
<https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v18i35.4032>
- Colombia Productiva. (n.d.). *Plásticos y pinturas*. <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-sectores/manufactura/plastico-y-pinturas>
- Colombia Productiva. (n.d.). *Colombia Productiva*. <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-sectores/manufactura/plastico-y-pinturas>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Construir un futuro mejor: Acciones para fortalecer la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (LC/FDS.4/3/Rev.1). Santiago.  
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/1a441acf-eeb3-462e-bf93-f2948a22f0ab/content>
- Correa, V., & Villegas, P. (2021). *Valorización de residuos de bagazo de caña y plásticos para la generación de compuestos energéticos. Producción + Limpia*, 16(1), 117-135.  
<https://doi.org/10.22507/pml.v16n1a7>
- Coutiño, R., & Castellanos, S. (2009). *Desarrollo sustentable oportunidad para la vida*. México: Mc Graw Hill educación, <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1248>
- CCS. (2022). *Artículo técnico tomado de la Revista del Consejo Colombiano de Seguridad, Salud, Trabajo y Ambiente No. 111 Primer Trimestre 2022*.  
<https://ccs.org.co/portfolio/la-economia-circular-y-sus-efectos-en-la-salud-y-seguridad->

en-el-trabajo-posibles-implicaciones-para-los-futuros-lugares-de-trabajo-del-sector-de-los-residuos/

DANE. (2021). *Encuesta Ambiental Industrial (EAI)*.

[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/EAI/2021/bol\\_EAI\\_2021.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/EAI/2021/bol_EAI_2021.pdf)

DANE. (2018). *Boletín técnico: Cuenta ambiental y económica de residuos sólidos*.

*Departamento Nacional de Estadística*.

[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas\\_ambientales/cuentas-residuos/Bt-Cuenta-residuos-2019p.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuentas-residuos/Bt-Cuenta-residuos-2019p.pdf)

De Plásticos Visión A. (n.d.). *Plan de negocios*. Colombiaproductiva.com.

<https://www.colombiaproductiva.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=bc747e78-5789-4bae-8a18-050cf387e963>

del Rosario Salazar Sánchez, M., Duque, J. F. S., Galindo, A. S., & Herrera, R. R. (2023).

*Biodegradable polymers: Concepts and applications*.

<https://doi.org/10.1201/9781003230533>

Del, E. (2017). *La responsabilidad extendida del productor y los programas posconsumo en*

*Colombia* (1.ª ed.). Editorial Universidad del Rosario.

<https://doi.org/10.12804/tj9789587388305>

DNP. (2018). *Informe de disposición final de residuos sólidos 2017*. Departamento Nacional de

Planeación. [https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2.\\_disposicion\\_final\\_de\\_residuos\\_solidos\\_informe\\_2017.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_informe_2017.pdf)

licaciones/Publicaciones/2018/Dic/2.\_disposicion\_final\_de\_residuos\_solidos\_informe\_2017.pdf

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2022). *Resumen de la política de crecimiento*

*verde* [PDF]. <https://2022.dnp.gov.co/Crecimiento->

Verde/Documents/Pol%C3%ADtica%20CONPES%203934/Resumen%20Pol%C3%ADtica%20de%20Crecimiento%20Verde%20-%20diagramaci%C3%B3n%20FINAL.pdf

División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. (s/f).

<https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>

Ellen MacArthur Foundation. (s. f.). *Eliminar los residuos y la contaminación.*

<https://ellenmacarthurfoundation.org/es/eliminar-los-residuos-y-la-contaminacion>

Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *Circulación de productos y materiales.*

<https://ellenmacarthurfoundation.org/es/circular-productos-y-materiales>

Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *Explicando la economía circular: Repensar el progreso.*

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/videos/explicando-la-economia-circular-repensar-el-progreso>

Ellen MacArthur Foundation. (s. f.). *Concepto de economía circular.*

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/economia-circular/concepto>

Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *¿Qué es la economía lineal?*

<https://ellenmacarthurfoundation.org/es/que-es-la-economia-lineal>

Ellen MacArthur Foundation (n.d.). *Regenerar la naturaleza.*

<https://ellenmacarthurfoundation.org/es/regenerar-la-naturaleza>

Ellen MacArthur Foundation (n.d.). *Recursos Circulytics.*

<https://ellenmacarthurfoundation.org/es/recursos/circulytics/recursos>

Ellen MacArthur Foundation. (n.d.). *Plásticos y la economía circular.*

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/temas/plasticos/vision-general>

- Esposito, M., Tse, T., & Soufani, K. (2018). *Introducing a circular economy: New thinking with new managerial and policy implications*. *California Management Review*, 60(3), 5–19.  
<https://doi.org/10.1177/0008125618764691>
- European Commission (n.d.). *European Commission*  
[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/qanda\\_20\\_419](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/qanda_20_419)  
<https://estrucplan.com.ar/ecologia-y-simbiosis-industrial/>
- European Commission. (2021). *A European Green Deal*. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
- EU-OSHA. (n. d.). *Estudio prospectivo sobre la economía circular y sus repercusiones en la SST: Proceso y principales conclusiones*. Safety and Health at Work.  
<https://osha.europa.eu/es/publications/circular-economy-key-findings>
- Eurostat. (2022). *Circular material use rate*. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20221115-1>
- Eurostat. (2022). *Generation of waste-by-waste category, hazardousness and country*.  
<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/edn-20230512-1>
- Fajardo, A. (2021, 17 de junio). *Colombia aspira a que en 2030 el 100 % de los plásticos de un solo uso del mercado sean reutilizables o compostables*. Gov.co.  
<https://www.minambiente.gov.co/colombia-aspira-a-que-en-2030-el-100-de-los-plasticos-de-un-solo-uso-del-mercado-sean-reutilizables-o-compostables/>
- Foro Económico Mundial, Fundación Ellen MacArthur, & McKinsey & Company. (2016). *The new plastics economy: Rethinking the future of plastics*.  
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>

- Fundación Aquae. (2018, marzo 13). *¿Cuál es el tiempo de degradación de los residuos inorgánicos?* <https://www.fundacionaquae.org/wiki/cuanto-tiempo-tardan-degradarse-desechos/>
- Galarza, S., Torres, A., Rengifo, P., Puentes, A., Cárcamo, E., Méndez, S., & Devia, C. (2017). *The benefits of an-eco-productive green roof in Bogota, Colombia. Indoor and Built Environment*, 26(8), 1135-1143. <https://doi.org/10.1177/1420326X16665896>
- García, R., Cortés, A., Calderón, R., Díaz, G., & Muñoz, M. (2023). *Novel and accessible physical recycling for expanded polystyrene waste with the use of acetone as a solvent and additive manufacturing (Direct Ink-Write 3D Printing)*. *Polymers*, 15(19). <https://doi.org/10.3390/polym15193888>
- Greenpeace. (s.f.). *Datos sobre la producción de plásticos*. Greenpeace España. <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>
- Gobierno de la República de Colombia, (2019). *Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. <https://acoplasticos.org/2024/02/10/estrategia-nacional-de-economia-circular/>
- Glosario ambiental: ¿Qué es el plástico?* (n.d.). WWF Colombia. Recuperado el 23 de junio de 2024, de <https://www.wwf.org.co/?328912/Glosario-ambiental-Que-es-el-plastico>
- González, C. (2009). *Una revisión de los principios de la ecología industrial*. Redalyc. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=59511412009>

- Gómez, G. (2016). *Diagnóstico del impacto del plástico-botellas sobre el medio ambiente. Un estado del arte*. [Tesis de grado para optar al título de Administrador Ambiental y de los Recursos Naturales, Universidad Santo Tomás]. Repositorio USTA.  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10047/Gomez2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gamez, J. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*. Desarrollo Sostenible.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Gutiérrez, C., Gutiérrez, J., & Sánchez, M. (2020). *Preparation of a composite material from palm oil fiber and an ecological emulsion of expanded polystyrene post-consumption*. *Revista Facultad de Ingeniería*, 29(54), 8.  
<https://doi.org/10.19053/01211129.v29.n54.2020.10489>.
- Heinrichs, U. (2019, marzo 15). *Compromiso mundial para reducir los plásticos de un solo uso*. *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961>
- Henao, D., & Ibarra, B. (2020). *Materiales de desecho y resignificación: Notas de una experiencia desde la gestión del diseño*. *Producción + Limpia*, 15(2), 125-139.  
<https://doi.org/10.22507/pml.v15n2a7>
- Hidalgo, A., & Salinas, E. (2019). *Mechanical, thermal, viscoelastic performance and product application of PP-rice husk Colombian biocomposites*. *Composites Part B: Engineering*, 176, 107135. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107135>
- Hotelling, H. (1931). *The economics of exhaustible resources*. *Journal of Political Economy*, 39(2), 137-175. <http://www.jstor.org/stable/1822328>

- Ibáñez, M. (2020). *Sobre el uso de los conceptos de ciclo de vida e historia de vida en ecología y evolución. Gayana (Concepción)*, 84(2), 93-100. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382020000200093>
- Icontec. (2023, Julio 18). *Certificación de Buenas prácticas de Economía Circular - Icontec*. [https://www.icontec.org/eval\\_conformidad/certificacion-de-buenas-practicas-de-economia-circular/](https://www.icontec.org/eval_conformidad/certificacion-de-buenas-practicas-de-economia-circular/)
- IDEAM. (2015). *Informes Nacionales de Generación de Residuos Sólidos o Peligrosos*. <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/informes-nacionales-de-generacion-de-residuos-o-desechos-peligros>
- Informe especial Economía circular. (2023). *Informe especial Economía circular*. Europa.eu. [https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-17/SR-2023-17\\_ES.pdf](https://www.eca.europa.eu/ECAPublications/SR-2023-17/SR-2023-17_ES.pdf)
- Isegoria. (2005). *¿Cómo cambiar hacia sociedades sostenibles? Reflexiones sobre biomímesis y autolimitación. Isegoria*. <https://isegoria.revistas.csic.es/index.php/isegoria/article/view/459/459>
- Jaramillo, Y., Vásquez, M., Upegui, S., Posada, C., & Romero, M. (2021). *Polyethylene-coffee husk eco-composites for production of value-added consumer products. Sustainable Environment Research*, 31(1). <https://doi.org/10.1186/s42834-021-00107-6>
- Kalpakjian, S., & Schmid, R. (2014). *Manufactura, ingeniería y tecnología: Tecnología de materiales*. Pearson Educación. <https://www-ebooks7-24-com.ezproxy.biblored.gov.co/?il=3641>
- Kole, J., Löhr, J., Van Belleghem, J., & Ragas, J. (2017). *Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment*.

[https://www.researchgate.net/publication/320546979\\_Wear\\_and\\_Tear\\_of\\_Tyres\\_A\\_Stealthy\\_Source\\_of\\_Microplastics\\_in\\_the\\_Environment](https://www.researchgate.net/publication/320546979_Wear_and_Tear_of_Tyres_A_Stealthy_Source_of_Microplastics_in_the_Environment)

La República. (10 enero 2019). *Colombia puede sacar provecho del 40% de las toneladas de residuos generados anualmente. Diario La República.*

<https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/colombia-podria-aprovechar-cerca-de-40-de-los-116-millones-de-toneladas-de-residuos-que-genera-al-ano-2813141>

*Ley de Economía Circular y Anti-Residuos de Francia: eliminar los residuos y promover la inclusión social.* (2020). Ellen MacArthur Foundation.

<https://ellenmacarthurfoundation.org/es/ejemplos-circulares/ley-de-economia-circular-y-antiresiduos-de-francia>

Martinez, J. D. (2021). *An overview of the end-of-life tires status in some Latin American countries: Proposing pyrolysis for a circular economy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 144*, 111032. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111032>

Martínez, G., Caicedo, B., González, D., Celis, L., Fuentes, L., & Torres, V. (2018). *Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos. Revista Ingeniería de Construcción, 33*(1), 41-50. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100041>

MADR. (2016). *Cadena de Caucho Natural. Indicadores e Instrumentos.*

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Caucho/Documentos/2016-09-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

MacArthur, E. (2013). *Towards the circular economy: Opportunities for the consumer goods sector.*

<https://emf.thirdlight.com/file/24/qzvD2i1qVnZjTMqzpI2qI32rGA/Towards%20the%20c>

ircular%20economy%20Vol.%202%3A%20opportunities%20for%20the%20consumer%  
20goods%20sector.pdf

Mc Donough, W., & Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North Point Press.

Mendoza, M., & Oliveros, D. (2018). *Eficiencia de las empresas agroindustriales del sector de caucho en Colombia: Un enfoque DEA*. *Espacios*, 39(51). Recuperado el 23 de febrero de 2024, de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n51/18395113.html>

Miguel, K., Martínez, M., Pereira, M., & Kohout, M. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe: Oportunidad para una recuperación transformadora*. *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2021/120). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5fceda72-3fed-4ace-bb87-5688547cf2f5/content>

Ministerio de Medio Ambiente, Gobierno de Japón (2000). *The Basic Act for Establishing a Sound Material-Cycle Society Act No.110 of 2000*. Recuperado de <http://www.env.go.jp/en/laws/recycle/12.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022, 25 de marzo). *Estrategia nacional de economía circular*. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/estrategia-nacional-de-economia-circular/>

Ministerio del Medio Ambiente. (2018). *Negocios Verdes y Sostenibles*. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/negocios-verdes-y-sostenibles>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2023). *España circular 2030*. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad->

y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espanacircular2030\_def1\_tcm30-509532\_mod\_tcm30-509532.pdf

Morales, A., Marañón, A., Hernández, C., Michaud, V., & Porras, A. (2023). *Colombian sustainability perspective on fused deposition modeling technology: Opportunity to develop recycled and biobased 3D printing filaments*. *Polymers*, 15(3).

<https://doi.org/10.3390/polym15030528>

Muñoz, A., Cabrera, G., Machuca, F., Rodríguez, A., Diosa, E., & Mosquera, E. (2022). *Plastic recycling and their use as raw material for the synthesis of carbonaceous materials*.

*Heliyon*, 8(3), e09028. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09028>

Muñoz, F., Hidalgo, A., & Mina, H. (2018a). *Effect of content and surface modification of fique fibers on the properties of a low-density polyethylene (LDPE)-Al/fique composite*.

*Polymers*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/polym10101050>

Naciones Unidas. (2023). *¿Qué son las energías renovables?* Recuperado de

<https://www.un.org/es/climatechange/what-is-renewable-energy>

Naciones Unidas. (2022). *Más de 140 millones de toneladas de plásticos contaminan ya los ríos, océanos y lagos del planeta*. Recuperado de [https://elpais.com/clima-y-medio-](https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-02-5522/mas-de-140-millones-de-toneladas-de-plasticos-contaminan-ya-los-rios-oceanos-y-lagos-del-planeta.html)

[ambiente/2022-02-5522/mas-de-140-millones-de-toneladas-de-plasticos-contaminan-ya-](https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-02-5522/mas-de-140-millones-de-toneladas-de-plasticos-contaminan-ya-los-rios-oceanos-y-lagos-del-planeta.html)

[los-rios-oceanos-y-lagos-del-planeta.html](https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2022-02-5522/mas-de-140-millones-de-toneladas-de-plasticos-contaminan-ya-los-rios-oceanos-y-lagos-del-planeta.html)

*Nuestra visión de una economía circular para los plásticos*. (n.d.). Ellen MacArthur

Foundation. [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/nuestra-vision-de-una-](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/nuestra-vision-de-una-economia-circular-para-los-plasticos)

[economia-circular-para-los-plasticos](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/es/nuestra-vision-de-una-economia-circular-para-los-plasticos)

- Ortega, T., Reyes, M., del Carmen, N., & Silva, O. (2023) *Valuation of plastic waste as a community circular economy strategy in the municipality of Choco–Colombia. Recycling*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/recycling8030052>
- Ortiz, O., Rivera, U., & Villamizar, A. (2018). *Evaluation of municipal solid waste by means of life cycle assessment: Case study in the South-Western region of the department of Norte de Santander, Colombia. Environmental Engineering and Management Journal*, 17(3), 611-619. <https://doi.org/10.30638/eemj.2018.062>
- Park, J., Díaz, N., & Mejía, S. (2018). *Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging economy: The end-of-life tire management in Colombia. Journal of Cleaner Production*, 189, 754-762. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.058>
- Plástico. (n.d.). *El futuro de la industria del plástico: Innovación y sostenibilidad. Plástico*. <https://www.plastico.com/es/blog/el-futuro-de-la-industria-del-plastico-innovacion-y-sostenibilidad>
- Pearce, D., & Turner, R. (1990). *Economics of natural resources and the environment*. John Hopkins University Press. <https://doi.org/10.2307/1242904>
- Peña, C., Osorio, J. Vidal, J., Torres, P., & Marmolejo, F. (2015). *Reverse logistics in the plastics subsector: Main facilitators and barriers. Ingeniería e Investigación*, 35(3), 27-33. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v35n3.49834>
- Peña, C., Bouzon, M., Torres, P., & Vidal, J. (2020). *Assessment of maturity of reverse logistics as a strategy to sustainable solid waste management. Waste Management and Research*, 38(1\_suppl), 65-76. <https://doi.org/10.1177/0734242X19897131>

- Pigou, C. (2010). *The Economics of Welfare*. Liberty Fund, Inc. (Obra original publicada en 1932, cuarta edición).  
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4154221/mod\\_resource/content/0/Pigou-The\\_Economic\\_of\\_Welfare\\_1920.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4154221/mod_resource/content/0/Pigou-The_Economic_of_Welfare_1920.pdf)
- Pinto, A., Cardona, J., & Polanco, F. (2023). *Percepción de consumidores y perspectivas de industrias de alimentos de Cali sobre el uso de bioplástico en sus empaques*. *Universidad & Empresa*, 25(44), 7.
- Prieto, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2017). Economía circular. *Memoria Investigaciones En Ingeniería*, (15), 85-95. <http://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/308>
- Portafolio. (n.d.). *Colombia produce 1,4 millones de toneladas de plástico al año*. *Portafolio.co*.  
<https://www.portafolio.co/economia/colombia-produce-1-4-millones-de-toneladas-de-plastico-al-ano-566367>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2018). *Plásticos de un solo uso: Una hoja de ruta para la sostenibilidad*. <https://www.unep.org/resources/report/single-use-plastics-roadmap-sustainabilit>
- PwC & World Economic Forum. (2019). *Circular economy in cities: Final report*.  
<https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/circular-economy-in-cities.html>
- Ramos, K. (2017, 13 de diciembre). *Guía para la acción empresarial en los objetivos de desarrollo sostenible*. *Progreso*.  
<https://www.fundacionmicrofinanzasbbva.org/revistaprogreso/sdg-compass-guia-para-la-accion-empresarial-en-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible-ods/>
- Real Academia Española. (n.d.). *Ciclo de vida*. <https://dpej.rae.es/lema/ciclo-de-vida>

- Revelo, F., Correa, M., Aguilar, C., & Colorado, A. (2021). *Composite materials made of waste tires and polyurethane resin: A case study of flexible tiles successfully applied in industry. Case Studies in Construction Materials*, 15.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00681>
- Rochat, D., Binder, R., Diaz, J., & Jolliet, O. (2013). *Combining material flow analysis, life cycle assessment, and multiattribute utility theory: Assessment of end-of-life scenarios for polyethylene terephthalate in Tunja, Colombia. Journal of Industrial Ecology*, 642-655. <https://doi.org/10.1111/jiec.12025>
- Rodriguez, I. (2012). *La "nave espacial Tierra" de Kenneth Boulding. Universidad de la Frontera*. <https://revistaeconomicocritica.org/index.php/rec/article/download/515/495/530>
- Rodríguez, T., & Rivera, P. (2022). *Economía circular y empresas verdes: Prospectiva del desarrollo sostenible regional en Colombia. CITAS: Ciencia, innovación, tecnología, ambiente y sociedad*, 8(1), 8.
- Becerra, M., & Vélez, A. (2018). (s/f). *Gobernanza y Gerencia del desarrollo sostenible*. Ediciones Uniandes.  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/aeaf14cc-9575-44e7-b8de-4fea8267f543/content>
- Roser, M. y Ortiz, E. (2017). World Population Growth. Recuperado de <https://ourworldindata.org/world-population-growth/>
- Rosemberg A. (2006). *Ecología y Simbiosis Industrial. Centro Tecnológico para la Sustentabilidad. Estructplan*. <https://estrucplan.com.ar/ecologia-y-simbiosis-industrial/>
- Rozo, G., Gómez, D., & Rozo, C. (2016). *Effect of an alginate edible film coating in the conservation of Welsh onion (Allium fistulosum L.)*. *Vitae*, 23, S419-S423.

- Ruiz, E., Canales, R., & García, V. (2019). *La medición de la Economía Circular: Marcos, indicadores e impacto en la gestión empresarial*. [https://foretica.org/wp-content/uploads/informe\\_medida\\_economia\\_circular\\_foretica.pdf](https://foretica.org/wp-content/uploads/informe_medida_economia_circular_foretica.pdf)
- Salazar, A., Arroyave, F., & Castro, P. (2012) Development of ecosustainable housing for vulnerable sectors. *In Proceedings of the 2012 IEEE International Symposium on Alternative Energies and Energy Quality (SIFAE)* (pp. 1-6).  
<https://doi.org/10.1109/SIFAE.2012.6478887>
- Sánchez, D. (2019). *La biomímesis: Más que una herramienta de inspiración para el diseño*. *Artificio*, 24-36. <https://doi.org/10.33064/artificio120192297>
- Sánchez, A., Tovar, J., Suárez, G., Bravo, E., & Rojas, F. (2021). *Mechanical and market study for sand/recycled-plastic cobbles in a medium-size Colombian city*. *Recycling*, 6(1), 1-13.  
<https://doi.org/10.3390/recycling6010017>
- Schröder, P., Albaladejo, I., Alonso, A., MacEwen, S., & Tilkanen, S. (2020). *La economía circular en América Latina y el Caribe: Oportunidades para fomentar la resiliencia*. Documento de investigación del Programa de Energía, Medio Ambiente y Recursos de Chatham House. Instituto Real de Asuntos Internacionales. <https://bcn.cl/2rxrc>
- Situación de los plásticos en Colombia*. (n. d.). Edu.co website:  
<https://derecho.uniandes.edu.co/es/informe-situacion-actual-de-los-plasticos-en-colombia>
- Superintendencia de Servicios Públicos (SSP). (2018). *Informe de disposición final de residuos sólidos – 2017*.  
[https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2.\\_disposicion\\_final\\_de\\_residuos\\_solidos\\_-\\_informe\\_2017.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf)

- UNCTAD. (2021, 3 de marzo). *El comercio mundial de plásticos es un 40% mayor de lo que se pensaba, según un estudio*. <https://unctad.org/es/news/el-comercio-mundial-de-plasticos-es-un-40-mayor-de-lo-que-se-pensaba-segun-un-estudio>
- Ugalde, O. (2021). *Evolución histórica-epistemológica de la economía circular: ¿Hacia un nuevo paradigma del desarrollo?* *Economía y Sociedad*, 26(59), 83-95.  
<https://doi.org/10.15359/eys.26-59.5>
- Umbarila, D. (2022). *Análisis del desarrollo sostenible de la industria polimérica en Colombia* [Proyecto de grado para optar el título de Especialista en Gestión Ambiental, Universidad de América]. Repositorio UAMERICA.<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8902/4/999682-2022-I-GA.pdf>
- United Nations. (n. d.). *Datos y cifras*. <https://www.un.org/es/actnow/facts-and-figures>
- United Nations Environment Programme. (2023, 5 de junio). *Un renacer azul: Los Estados de América Latina y el Caribe dicen no al plástico*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/un-renacer-azul-los-estados-de-america-latina-y-el-caribe-dicen-no>
- Valderrama, F., Chavarro, E., Osorio, C., & Peña, C. (2018). *Estudio dinámico del reciclaje de envases PET en el Valle del Cauca*. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(1), 67-74.  
<https://doi.org/10.22507/rli.v15n1a6>
- Valero, F., Ortigón, Y., & Uscategui, Y. (2013). *Biopolímeros: Avances y perspectivas*. DYNA: *Revista de la Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, 80(181), 171-180.
- Vaucher, J., Demongeot, A., Michaud, V., & Leterrier, Y. (2022). *Recycling of bottle grade PET: Influence of HDPE contamination on the microstructure and mechanical*

*performance of 3D printed parts. Polymers*, 14(24).

<https://doi.org/10.3390/polym14245507>

Velásquez, A., Rueda, C., Marín, P., Mogollón, E., Alvarez, J., Cardona, R., Giraldo, H., &

Cardona, A. (2019). *Analysis of the environmental impact using the waste reduction algorithm in polypropylene production by applying grade transitions strategies in Colombia. Environmental Science and Pollution Research*, 26(35), 35533-35542.

<https://doi.org/10.1007/s11356-019-05493-4>

World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation, & McKinsey & Company. (2016). *The new plastics economy: Rethinking the future of plastics*.

<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics>

WWF. (n. d.). *WWF se une al Pacto por los Plásticos en Colombia. Org.co*.

<https://www.wwf.org.co/?381452/WWF-se-une-al-Pacto-por-los-Plasticos-en-Colombia>

Yenny, T., Brandon, S., & Carolina, C. (2020). *Residual composite materials with applications in the industry of the construction. Journal of Physics: Conference Series*, 1541(1),

012005. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1541/1/012005>

Zamora, O., Lesmes, R., Gutiérrez, H., & Rodríguez, A. (2022). *Reciclaje inclusivo: Hacia una economía circular en Colombia*. Universidad del Rosario.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=925424>

Zapata, Á., Vieira, V., Zapata, Á., & Rodríguez, A. (2021). *La economía circular de las botellas PET en Colombia. Cuadernos de administración*, 37(70), 5.

<https://doi.org/10.25100/cdea.v37n70.10352>

Zarta, P. (2018). *La sustentabilidad o sostenibilidad: Un concepto poderoso para la humanidad.*

*Tabula Rasa*, (28), 409-423. <https://doi.org/10.25058/20112742.n28.18>

Zenner, I., & Peña, F. (2013). *Plásticos en la agricultura: Beneficio y costo ambiental: Una*

*revisión. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 139-150.

<https://doi.org/10.31910/rudca.v16.n1.2013.1417>

## Apéndices

### Apéndice A

#### Resumen de la revisión documental primer periodo de 2013 a 2018

AUTORES	AÑO	TITULO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
David Rochat, Claudia R. Binder, Jaime Díaz, Olivier Jolliet	2013	Combining material flow analysis, life cycle assessment, and multiattribute utility theory: Assessment of end-of-life scenarios for polyethylene terephthalate in Tunja, Colombia Rochat et al. Combining MFA, LCA, and MAUT	Los Autores realizan un análisis de tres métodos evaluación de materiales aplicado a los residuos de tereftalato de polietileno (PET) en un municipio de Colombia.	-Optimización del tratamiento de residuos -La integración de los métodos análisis de flujo de materiales (MFA), análisis del ciclo de vida (LCA) y teoría de utilidad de atributos múltiples (MAUT), permiten una evaluación importante de impactos y beneficios. -Genera grandes beneficios para los escenarios de reciclaje.
Edgar Alonso Salazar Marín; Juan Felipe Arroyave Londoño; Wilson Pérez Castro	2013	Development of ecosustainable housing for vulnerable sectors	Proyecto que propone la creación de ladrillos plásticos para la construcción de un módulo habitacional ambientalmente sustentable construido con materiales plásticos provenientes de los procesos de empaque.	-Proyectos de tipo social y ambiental, que crean un aporte en la construcción de una cultura sostenible aplicado en vivienda y utilización eficiente de recursos. -Presentan buenas propiedades mecánicas y aislante térmico y sonoro. -Costos de la construcción de vivienda bajos. -Tienen tiempos de vida largos, fácil manipulación y transporte.
Manuel Fernando Valero Valdivieso; Yamileth Ortigón Fernández; Yomaira Uscategui	2013	Biopolímeros: avances y perspectivas	En este trabajo se analiza el desarrollo de diferentes tipos de polímeros y los avances que se han obtenido en el último tiempo en este campo.	-Polímeros elaborados con materias primas renovable. -La fabricación de polímeros biodegradables requiere de infraestructura y grandes inversiones iniciales. -Los polímeros de almidón son obtenidos con recursos de bajo costos y procesos sencillos, por lo que son más económicos. -Concientizar al consumidor sobre las ventajas de este tipo de materiales. -Polímeros obtenidos de bacterias y aceites vegetales
Ingeborg Zenner de Polanía, Fernando Peña Baracaldo	2014	Plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental: una revisión	Este documento muestra un análisis de literatura de los principales usos de los plásticos, de su vida útil, de su positiva o negativa biodegradabilidad y de su posible costo ambiental,	-Los elementos plásticos de corta vida útil, que cumplida su función se convierten en basura contaminante. -El mercado del reciclaje no procesa material reciclable cuando es poco atractivo económicamente.

			en los procesos de agricultura.	-Se ha propuesto que se diseñe y evalúe cadenas de desechos agrícolas plásticos, desde la generación hasta la disposición, con fines de recuperación de energía.
C.C. Peña Montoya, J.C. Osorio Gómez, C.J. Vidal Holguín, P. Torres Lozada, and L.F. Marmolejo Rebellon	2015	Reverse logistics in the plastics subsector: Main facilitators and barriers	Estudio exploratorio en pequeñas y medianas empresas (PYMES) del subsector de plásticos, sobre los principales facilitadores y barreras que tienen para emprender programas de logística Inversa (RL).	-La Logística Inversa (RL) es una estrategia que permite la recuperación y reutilización de materiales. -El sector plástico enfrenta limitaciones de altos costos de transporte y energía eléctrica. -Colombia todavía carece de un marco legal general para la gestión de residuos.
Claudia Rozo, Dolly Gómez y Gabi Rozo	2016	Effect of an alginate edible film coating in the conservation of welsh onion ( <i>Allium fistulosum</i> L.)	Brindar evidencia a favor del reemplazo de los envases plásticos utilizados en el proceso poscosecha, debido al impacto medioambiental que generan.	-El alginato que se extrae de las algas marinas puede utilizarse para el recubrimiento y películas comestibles en el embalaje en la industria alimentaria. -Sustituir parcialmente las películas no biodegradables.
Del Valle Mora, Eduardo	2017	La Responsabilidad Extendida del Productor y los programas posconsumo en Colombia	Análisis de literatura en cuanto a las normas existentes; propuestas de ajustes regulatorios de conformidad con la aplicación de las resoluciones posconsumo en el día a día.	-Implementen programas posconsumo regulados y voluntarios para productos. -Los productores, son quienes asumen la mayor responsabilidad frente a los programas posconsumo, lo que crea la necesidad e importancia de incluir un sistema de incentivos que atraiga verdaderamente la atención de todos los actores en la cadena del residuo. -Falta de creación de normas que impulsen el reciclaje.
Sandra Galarza-Molina, Andrés Torres, and Carlos Devia	2017	The benefits of an eco-productive green roof in Bogota, Colombia	Estudio experimental que permitió evaluar la utilización de techos ecológicos fabricados con materiales económicos como botellas de plástico reciclada, para generar beneficios en las comunidades de Bogotá que no tienen acceso a sistemas públicos de alcantarillado.	-Impacto positivo en la recolección de aguas pluviales mediante techos ecológicos. -El techo ecológico ayuda a mejorar la calidad del agua lluvia, ya que logra retener altas concentraciones de zinc

Jooyoung Park, Nohora Díaz Posada, Santiago Mejía Dugand	2018	Challenges in implementing the extended producer responsibility in an emerging economy: The end-of-life tire management in Colombia	Estudio donde se evalúa la gestión de la implementación de esquemas de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) en Colombia, en la gestión posconsumo a las llantas al final de su vida útil.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El modelo REP de neumáticos no logra el objetivo de cerrar el ciclo de aprovechamiento de este tipo de residuos.</li> <li>-El modelo el modelo REP colombiano impone responsabilidades financieras y operativas a los productores e importadores de neumáticos, pero no ha dirigido sus esfuerzos en incentivar a otros actores en la cadena de productos para llevar a cabo las tareas y responsabilidades asignadas</li> <li>-Para lograr la efectividad del sistema se requiere el establecimiento de objetivos sólidos, pero factibles.</li> </ul>
Oscar Orlando Ortiz-Rodríguez, Héctor Uriel Rivera-Alarcón, Raquel Amanda Villamizar-Gallardo	2018	Evaluation of municipal solid waste by means of life cycle assessment: Case study in the South-Western region of the department of Norte de Santander, Colombia	Investigación sobre el impacto ambiental generado por los residuos sólidos municipales durante su recolección, transporte, tratamiento y procesamiento en la región suroeste del departamento de Norte de Santander.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una metodología que ayuda a la toma de decisiones de soluciones más sostenibles.</li> <li>-El crecimiento económico y demográfico generan más producción de residuos.</li> <li>-Es necesario mejorar los procesos como la recuperación, el reciclaje y la eliminación de residuos.</li> </ul>
María Fernanda Valderrama Ocoró, Luz Elena Chavarro Guzmán, Juan Carlos Osorio Gómez y Claudia Cecilia Peña Montoya	2018	Estudio dinámico del reciclaje de envases pet en el Valle del Cauca	Los autores mediante el análisis de diferentes variables ambientales evalúan los efectos del reciclaje del PET en el Valle del Cauca, a través de un modelo de dinámica de sistemas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Implementar opciones de diseño de productos y reutilización de materia prima.</li> <li>-Mejorar los sistemas de recolección, producción y disposición final con el propósito de incrementar la cantidad de PET recuperado.</li> <li>-Se propone un modelo donde se identificaron las variables por medio de un diagrama causal y la simulación en un diagrama de Forrester con el software de simulación (Vensim® V) donde se evaluaron datos relacionada con la fabricación de envases PET, generación de residuos y reciclaje del PET en el Valle del Cauca, Colombia.</li> </ul>
Mario Fernando Muñoz-Vélez, Miguel Ángel Hidalgo-Salazar; José Herminul Mina-Hernández	2018	Effect of content and surface modification of fique fibers on the properties of a low-density polyethylene (LDPE)-Al/fique composite	Los Autores quieren dar a conocer un estudio sobre las características físico-térmica y mecánica de un material compuesto de polietileno de baja densidad (LDPE)-Al que se obtuvo a partir del refuerzo de envases Tetra	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los composites son materiales que han generado un gran interés industrial por sus buenas propiedades</li> <li>-La incorporación de fibras naturales mejoran notablemente la propiedades mecánicas de los materiales fabricados.</li> <li>-Entre las fibras celulósicas, el</li> </ul>

			Pak reciclados (post-consumo) con fibras naturales de fique.	<p>fique es la fibra de mayor producción en Colombia</p> <p>-En los últimos años se ha visto un aumento en el uso de polímeros termoplásticos de productos reciclados.</p> <p>-Los envases Tetra Pak se componen por un 5% de aluminio, un 20% de polietileno y un 75% de papel, materiales con un periodo de descomposición muy largo</p>
G. Martínez-Arguelles, Bernardo Caicedo, D. González, L. Celis, L. Fuentes, V. Torres	2018	Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá	El trabajo realizado describe el desarrollo y el avance del proceso de implementación de la técnica de asfaltos modificados con grano de llanta desechado en Colombia, en particular para Bogotá.	<p>-La implementación de esta tecnología ecosostenible ha involucrado el esfuerzo de instituciones gubernamentales durante varios años, agotando diferentes etapas de investigación y desarrollo.</p> <p>-Ahorros significativos en costos de mantenimiento y conservación vial.</p> <p>-Permitió la creación de la industria de la trituración de llantas que hace algunos años eran inexistentes en Colombia.</p>

*Nota.* Recopilación de las ideas principales investigaciones encontrados en el periodo del 2013 al 2018. *Fuente.*

Elaboración propia a partir de la revisión documental en base de datos.

## Apéndice B

### Resumen de la revisión documental segundo periodo de 2019 a 2023

AUTORES	AÑO	TITULO	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
Miguel A. Hidalgo-Salazar, Elizabeth Salinas	2019	Mechanical, thermal, viscoelastic performance and product application of PP- rice husk Colombian biocomposites	Se estudia las posibilidades reales de incorporar las cáscaras de arroz colombiano (RH) para la modificación de propiedades del Polipropileno (PP) sin relleno, debido a la preocupación global sobre el impacto de los plásticos en el medio ambiente y una creciente conciencia de la necesidad de establecer una economía circular.	-El uso de fibras naturales como refuerzo de matrices termoplásticas o termoestables -Bajos costos, sobrepeso, emisiones de CO2 y mejoramiento en propiedades mecánicas y estabilidad térmica del polímero -Disminución de los defectos de procesamiento observados en muestras del PP y productos obtenidos mediante moldeo por inyección. -Los biocompuestos PP-RH material alternativo para la fabricación de productos termoplásticos por moldeo por inyección
Amar Gil, Sebastián; Ardila Arias, Alba; Barrera Zapata, Rolando.	2019	Simulación y obtención de combustibles sintéticos a partir de pirólisis de residuos plásticos	En este trabajo se presenta la implementación y comparación de dos modelos para la simulación del proceso de pirólisis para la producción de combustibles líquidos a partir de diferentes tipos de residuos plásticos.	-Disminución de residuos plásticos y su valorización a través de su transformación a combustibles líquidos. -El combustible obtenido mediante el proceso de pirólisis es comparable con las de combustibles convencionales como gasolina o diésel. -Recupera energía
Alexis Velásquez-Barrios & Cesar Rueda-Duran & Paula Marín-Valencia & Enrique Mogollón-Rincón & Juan Álvarez-Giraldo & Rodney Cardona-Cabarcas & Óscar Hernán Giraldo-Osorio & Carlos Ariel Cardona-Álzate	2019	Analysis of the environmental impact using the waste reduction algorithm in polypropylene production by applying grade transitions strategies in Colombia	Se realiza un análisis ambiental aplicando un algoritmo de reducción de residuos (WAR) para establecer el impacto potencial de un proceso de producción de polipropileno sobre el medio ambiente. A través una metodología de producción más limpia que involucre diferentes enfoques para minimizar o reciclar los flujos de residuos.	-Afectación en el beneficio económico de una empresa cuando el material fuera de especificación se considera como un desperdicio. -Es un polímero sintético no biodegradable y de origen fósil. -La industria de los polímeros está pasando de un tipo único a una producción más flexible. -la optimización de tiempos de transición del polipropileno implica una reducción de residuos plásticos

<p>Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.</p>	<p>2019</p>	<p>Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio</p>	<p>Documento que da los lineamientos a nivel país, con el fin de impulsar un nuevo modelo de desarrollo económico que incluye la valorización continua de los recursos, el cierre de ciclos de materiales, agua y energía, la creación de nuevos modelos de negocio.</p>	<p>-Los materiales de envases y empaques representan grandes oportunidades para la economía circular. -Impulsar la innovación hacia envases y empaques de mayor eficiencia en uso de materiales -Economía circular representa el punto de partida para iniciar el cambio productivo lineal de extraer, transformar, consumir y desechar, hacia un modelo circular de reúso, aumento de eficiencia, y cierre de ciclo de materiales. -Se requieren desarrollos normativos y procesos, sociales y culturales en torno al aprovechamiento de residuo.</p>
<p>Claudia C Peña-Montoya, Marina Bouzon, Patricia Torres-Lozada, and Carlos Julio Vidal-Holguín</p>	<p>2020</p>	<p>Assessment of maturity of reverse logistics as a strategy to sustainable solid waste management</p>	<p>Estudio que propone un modelo de madurez de logística inversa en pequeñas y medianas empresas del sector del plástico en las regiones central y sur de Colombia, con el fin de contribuir a la gestión sostenible de residuos sólidos.</p>	<p>-El modelo evalúa las estrategias empresariales, estrategia y objetivo de la cadena de suministro inversa y sostenibilidad. -La gestión del ciclo de vida en los materiales plásticos requiere de la colaboración de todos los actores de la cadena de suministro. -Los sectores del plástico representan una iniciativa clave para las PYMES en Colombia, por lo que es necesario que presten más atención al desarrollo de estrategias empresariales hacia el desarrollo sostenible. -La logística inversa en el sector plástico reduce costos, minimiza impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad.</p>
<p>María Paula Aranzales Sánchez</p>	<p>2020</p>	<p>Diseño de eco cubiertas en material plástico reciclado reforzado con fibra de fique (Furcraea andina) para mejorar las condiciones de habitabilidad de las viviendas del sector rural colombiano</p>	<p>Explorar los beneficios del uso de termoplásticos posconsumos fabricados en polietileno de alta densidad (PEAD), cloruro de polivinilo (PVC) y polietileno tereftalato (PET), reforzados con fibra de fique, en la fabricación de elementos de construcción.</p>	<p>-Reemplazar las materias primas no renovables -Favorecer las comunidades más vulnerables de las zonas rurales -El desarrollo del prototipo cumple con todos los requerimientos estructurales de una vivienda -Implica innovación en el sector de la construcción y la gestión de residuos plásticos, ya que es el punto de partida de crear opciones viables para la gestión y reutilización de residuos.</p>

Cindy Gutiérrez Estupiñán, José Gutiérrez Gallego, Melba Sánchez Soledad	2020	Preparation of a Composite Material from Palm Oil Fiber and an Ecological Emulsion of Expanded Polystyrene Post-Consumption	Los investigadores estudien la manera de integrar los plásticos y las fibras naturales antes de terminar su vida útil en la producción de biocompuestos. Para este proyecto se planteó la elaboración de un material que integrara poliestireno expandido posconsumo (EPS) y raquis de palma (OPEFB)	La búsqueda de alternativas es un reto para avanzar en la búsqueda de una sociedad que se adapte a las demandas un mercado en un contexto de crisis ambiental que obliga a las personas, empresa y gobiernos a dar nuevas oportunidades a los residuos plásticos y fibras naturales.
Ávila Torres Yenny, Suarez Brandon and Caicedo Carolina	2020	Residual composite materials with applications in the industry of the construction	Proyecto de investigación que aborda un problema general de interacción entre productos (cadena agroindustrial de la planta del banano y reutilización de residuos poliméricos convencionales) que funcionan dentro de un mismo contexto a nivel industrial.	-El pseudotallo del plátano es una fibra de bajo costo, que aumenta su resistencia mecánica al mezclarse con polímeros de densidad media. -Reducción de costos de producción de productos moldeados, y la mejora de las propiedades termo mecánicas. -Un proceso o producto debe culminar eficientemente al incorporarse a una cadena productiva; su ciclo de vida dependerá, por tanto; de su uso reutilización y reciclaje. -Los residuos de poliéster insaturado se utilizan ampliamente como composite.
Juan David Henao-Santa; Sara B. Ibarra-Vargas	2020	Materiales de desecho y resignificación: notas de una experiencia desde la gestión del diseño	Trabajo de investigación que propone como alternativa para el aprovechamiento y transformación de elementos de uso diario los materiales desecho provenientes de diferentes sectores de la industria, para alargar su ciclo de vida.	-Investigación cualitativa y experimental, que se basó en los registros y su sistematización del material de desecho del sector metalmeccánica, textil y plástico en diez centros de acopio en el Valle de Aburrá, Colombia. -El PET es considerado con un alto interés económico por su buena rentabilidad en la reventa a plantas procesadoras. -Las prácticas de eco diseño se basan en su mayoría en la noción de disminuir el uso de recursos (materiales y energía) para la producción. -A través de la exploración de materiales y prácticas de diseño, es posible recuperar estos elementos con procesos tradicionales de transformación y fabricación en la creación de nuevos productos.

<p>Álvaro Zapata Bravo; Valentina Vieira Escobar; Álvaro Zapata-Domínguez- Alfonso Rodríguez-Ramírez</p>	<p>2021</p>	<p>The Circular Economy of PET bottles in Colombia</p>	<p>Se analizan las características de implementación de la estrategia de Economía Circular para las botellas Polietileno Tereftalato (PET) tomando como referencia las tres empresas líderes en el sector de bebidas (Postobón S.A., Coca Cola FEMSA, y Bavaria).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Presentan como obstáculo la recolección de los residuos de envases.</li> <li>-La cadena logística carece de cultura para fomentar el retorno del material PET.</li> <li>-Falta de coordinación entre el productor y el reciclador.</li> <li>-La necesidad de inversión para fortalecer la gestión de residuos e innovación de nuevos materiales.</li> <li>-Campañas de educación ambiental</li> </ul>
<p>Leidy Tatiana Chicaiza Pedraza; Juan Carlos Robles Camargo</p>	<p>2021</p>	<p>Proposal for a circular economy for the recovery of value from fruit waste in packaging manufacturing</p>	<p>El artículo propone la fabricación de bioplásticos a base de residuos de fruta con el fin de minimizar el consumo de recursos fósiles, huella de carbono y costo de producción, al igual que recupera el valor de los residuos frutícolas por medio de la fabricación de empaques.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los autores indican que no existe ninguna propuesta para fabricar empaques en Colombia, donde su materia prima consiste en residuos de frutas y sus procesos este bajo un modelo de economía circular.</li> <li>-Apertura de nuevos mercados en la industria de empaques.</li> <li>-En la actualidad hay una baja recuperación de residuos de frutas en la cadena de suministro.</li> <li>-Generación de nuevos modelos económicos que permitan el crecimiento del país</li> </ul>
<p>Revelo, Carlos F, Correa, Mauricio, Aguilar, Claudio, Colorado, Henry A</p>	<p>2021</p>	<p>Composite materials made of waste tires and polyurethane resin: A case study of flexible tiles successfully applied in industry</p>	<p>Se presenta un estudio de caso sobre la producción de tejas flexibles a partir de polvos de caucho obtenidos de desechos de neumáticos de automóviles utilizando una resina de poliuretano como matriz aglutinante. El proyecto es un ejemplo exitoso con una empresa ubicada en Colombia.</p>	<p>Se propone un proceso a gran escala que, brindando no solo una solución sostenible para las personas como negocio, sino también para reducir la contaminación de los residuos de neumáticos de caucho y el uso resina de poliuretano para generar nuevos productos que aumenta la circularidad de estos materiales.</p>
<p>Hernán Darío Cañola, Fidel Granda-Ramírez, Kelly Leani Quintero-García</p>	<p>2021</p>	<p>Aprovechamiento de residuos en la construcción de galpones como alternativa de sostenibilidad en el corregimiento El Prodigio, en San Luis, Antioquia-Colombia</p>	<p>Investigación de enfoque mixto para el aprovechamiento de residuos sólidos de construcción y demolición, botellas PET, residuos madereros, restos de alambre y envolturas plásticas, utilizados en la en la construcción de galpones avícolas en zona rurales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Minimización de impactos ambientales</li> <li>-Mejorar la economía comunitaria y generar procesos de integración social</li> <li>-Reutilización de materiales residuales que afectaban las zonas boscosas y urbanas.</li> <li>-Oportunidades de económica auto sostenibilidad y sostenibilidad comunitaria.</li> </ul>

Erly Tatiana Rodríguez Galindo, Pablo Rivera Céspedes	2021	Economía circular y empresas verdes: prospectiva del desarrollo sostenible regional en Colombia	Los autores presentan una investigación que tiene el objetivo de identificar cómo el modelo de economía circular y las empresas verdes impactan el desarrollo sostenible regional en Colombia.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ecoalf, una empresa que recicla materiales plásticos e hilo para hacer bolsos, accesorios y ropa.</li> <li>-Nestlé obtuvo el reconocimiento como la primera compañía del país que logra recuperar el equivalente al ciento por ciento del plástico que pone en el mercado con sus empaques para llevarlo a cadenas de reaprovechamiento.</li> <li>-Postobón, el 32 % de los empaques y envases de esta compañía proviene de material reciclado.</li> </ul>
Juan Daniel Martínez	2021	An overview of the end-of-life tires status in some Latin American countries: Proposing pyrolysis for a circular economy	Este trabajo analiza información importante sobre el estado de los neumáticos al final de su vida útil en algunos países latinoamericanos y una propuesta de generación de productos energéticos mediante la pirolisis, con el fin de apoyar la economía circular y sostenible en la valorización de estos residuos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La pirolisis podría aumentar las tasas de reciclaje de neumáticos.</li> <li>-Permite procesos de economía circular y costos de capital atractivos.</li> <li>-Falta de tecnología adecuada para asegurar el proceso.</li> <li>-En los países de LATAM los productos obtenidos por pirolisis tendrían un porcentaje de sustitución del petróleo en % relevante.</li> </ul>
Ana Beatriz Acevedo Jaramillo; Juan Esteban Posada Franco	2021	Polietileno tereftalato como reemplazo parcial del agregado fino en mezclas de concreto	Artículo de investigación en el que evaluó la resistencia a la compresión y la manejabilidad de un concreto hecho con un reemplazo parcial del agregado fino por polietileno tereftalato (PET) reciclado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La fabricación del concreto es uno de los mayores generadores de contaminación debido principalmente a la gran cantidad de agregados pétreos.</li> <li>-El PET se utiliza ampliamente para la fabricación de envases, lo cual lleva a que se generen abundantes residuos, de los cuales solo un pequeño porcentaje está siendo reciclado.</li> <li>-Reemplazar parte de los agregados por PET produciría concretos con un menor impacto ambiental</li> </ul>
Luz Adriana Sánchez-Echeverri, Nelson Javier Tovar-Perilla, Juana Gisella Suarez-Puentes, Jorge Enrique Bravo-Cervera and Daniel Felipe Rojas-Parra	2021	Mechanical and market study for sand/recycled-plastic cobbles in a medium-size Colombian city	Análisis sobre el uso de polietileno reciclado de baja densidad para producir adoquines de arena de plástico no convencionales, como parte de la necesidad de satisfacer la creciente demanda de materiales de construcción y el desafío de reutilizar el plástico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Nueva alternativa de reciclaje de plástico integral</li> <li>-Reducción de problemas de residuos plásticos</li> <li>-Productos con enfoques más sostenibles</li> <li>-Ventajas competitivas al ofrecer una vida útil más larga que los materiales actuales</li> <li>-Precios de mercado altos</li> <li>-El plástico es un material versátil aplicaciones</li> </ul>

Leyla Y. Jaramillo; Mauricio Vásquez-Rendón; Sergio Upegui; Juan C. Posada; Manuel Romero-Sáez	2021	Polyethylene-coffee husk eco-composites for production of value-added consumer products	Investigación que propone una alternativa para la elaboración de productos a nivel industrial a partir de eco compuestos como lo es polietileno/cascarilla de café.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los compuestos que utilizan fibras naturales reducen los impactos ambientales causados por el ciclo de vida de los productos fabricados a partir de ellos.</li> <li>-Alternativa de valorización de residuos que permite mejorar la perspectiva sostenible y económica.</li> <li>-La combinación de eco compuestos reduciría los impactos ambientales adversos de la industria del plástico.</li> <li>-Ahorro de costos de material y cumplimiento con los criterios de economía circular.</li> </ul>
Andrés Felipe Ortiz Zamora Paul Andrés Rodríguez Lesmes Luis Hernando Gutiérrez Mayra Alejandra Rodríguez	2022	Reciclaje inclusivo: hacia una economía circular en Colombia	Los autores pretenden mostrar la importancia del reciclaje en la búsqueda de la sustentabilidad y que oportunidades de mejora hay en los procesos que van de la producción al consumo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los residuos son una nueva materia prima</li> <li>-Esfuerzos por tener marcas sostenibles</li> <li>-Romper barreras económicas en la implementación de EC</li> <li>-Se requieren de incentivos económicos, normatividad responsable, innovación y tecnología en las industrias.</li> <li>-Mayor infraestructura en los procesos de reciclaje</li> <li>-Contar con una relación más activa entre el consumidor y la EC.</li> </ul>
Juan David Carvajalino Umaña, Felipe Andrés Romero Perdomo, Mauricio López González, Miguel Ángel González Curbelo, Natalia Ardila	2022	Economía circular en Colombia panorama y estrategias para acelerar su implementación	Estudiar el progreso de la EC en Colombia mediante un análisis a las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas DOFA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La EC en Colombia se encuentra al nivel de implementación.</li> <li>-Se estima que cerca de la mitad de los residuos son potencialmente reciclables.</li> <li>-Incrementa la demanda y mejora las energías renovables.</li> <li>-Se evidencia mayor costo en productos e innovación sostenible en MIPYMES</li> <li>-Falta de tecnologías circulares para plásticos y baterías de zinc-carbón.</li> </ul>
Erly Tatiana Rodríguez Galindo, Pablo Rivera Céspedes	2022	Economía circular y empresas verdes, prospectiva del desarrollo sostenible regional en Colombia	Se realiza una investigación de tipo documental con diseño cualitativo e interpretativo, sobre economía circular y empresas verdes, con el fin de conocer y contextualizar los antecedentes del tema.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El 32 % de los empaques y envases de Postobón proviene de material reciclado.</li> <li>-Nestle logra recuperar el ciento por ciento del plástico que pone en el mercado con sus empaques.</li> <li>-Se crean estrategias por parte de Acoplásticos y la Bolsa de Valores de Colombia (BVC) para financiar y apalancar empresas o emprendimientos que aporten a la EC.</li> </ul>

Rodrigo A. Muñoz Meneses, Gerardo Cabrera-Papamija, Fiderman Machuca-Martínez, Luis A. Rodríguez, Jesús E. Diosa, Edgar Mosquera-Vargas	2022	Plastic recycling and their use as raw material for the synthesis of carbonaceous materials	Esta revisión resalta el impacto negativo que tiene la disposición de materiales plásticos en el medio ambiente y las necesidades de innovar en producción de nuevos y novedosos materiales, como nanotubos de carbono, grafeno u otros materiales carbonosos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El reciclaje de plásticos no ha sido una solución económicamente viable</li> <li>-Es posible incorporar residuos plásticos a procesos productivos que permitan la producción de materiales carbonosos de alto valor agregado.</li> <li>-Los nanotubos es el material más popular por sus propiedades eléctricas, mecánicas, térmicas, químicas y estructurales, que se puede fabricar a partir de plástico reciclado.</li> </ul>
Valeria Correa-gallego, Paola Andrea Villegas-Bolaños	2022	Valorización de Residuos de Bagazo de Caña y Plásticos para la Generación de Compuestos Energéticos	Las autoras del artículo analizan la necesidad de incorporar los residuos plásticos y agroindustriales, para obtener productos energéticos alternativos a partir de tratamientos termoquímicos como la pirolisis rápida.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Alta alternativa valorización de plásticos post-consumo y desechos agroindustriales, minimizando el impacto ambiental</li> <li>-Oportunidad de reducir el uso de combustibles fósiles y minimizar la contaminación producida a causa de ellos en el medio ambiente.</li> </ul>
Juan David Carvajalino Umaña, Felipe Andrés Romero Perdomo, Mauricio López González, Miguel Ángel González Curbelo, Natalia Ardila	2022	Economía circular en Colombia: panorama y estrategias para acelerar su implementación	Esta investigación se enfoca en estudiar el progreso de la EC en Colombia mediante un análisis a las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas DOFA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La EC en Colombia se encuentra en el nivel micro de implementación.</li> <li>-Cerca de la mitad de los residuos plásticos tienen potencial de recirculación</li> <li>-Impacto en los costos en productos o innovaciones sostenibles para MIPYMES</li> <li>-El cambio del modelo lineal a circular requiere el uso de recursos adicionales como la planificación de la producción y la gestión de una red de logística inversa.</li> <li>-Colombia cuenta con la ENEC como hoja de ruta y marcos legales hacia la EC que priorizan la mejorar el manejo de los residuos plásticos</li> </ul>
Véronique Michaud, Joanne Vaucher, Adrien Demongeot and Yves Leterrier	2022	Recycling of Bottle Grade PET: Influence of HDPE Contamination on the Microstructure and Mechanical Performance of 3D Printed Parts	Proyecto de investigación para la creación de dispositivos de asistencia para personas con discapacidad a partir de desechos de botellas (PET) de bebidas con la posible adición de polietileno de alta densidad HDPE que pueda imprimirse mediante Modelado por Deposición Fundida (FDM) e impresión 3D.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Proceso de bajo costo</li> <li>-Propiedades mecánicas comparables a las obtenidas con filamentos reciclados comercialmente de alta pureza</li> <li>-Necesidad de desarrollar soluciones de reciclaje eficientes para la comunidad científica.</li> <li>-Desafíos del uso de PET como materia prima para la impresión 3D debido a su cristalinidad.</li> </ul>

<p>Chicas Sierra, Sandra Milena; Arias Vera, Julián Andrés</p>	<p>2022</p>	<p>Valor compartido a través de la economía circular: reinventando la cadena de valor de la logística de plásticos en Colombia.</p>	<p>Los autores quieren dar a conocer con este trabajo el proceso de reinención de la cadena de valor, a través del modelo de valor compartido creación de valor compartido en la industria del plástico a través del modelo de economía circular y contribuir a la sostenibilidad ambiental como estrategias de competitividad.</p>	<p>-La logística inversa o marketing verde es una estrategia utilizada por las empresas de producción y distribución de plásticos, para ir de la mano con el tema de sostenibilidad económica, social y ambiental. -Las empresas están tomando conciencia de establecer estrategias de logística de distribución y transporte de ciertos productos, especialmente de los plásticos. -Pese a la conciencia que tienen las empresas, falta más participación por parte de otros actores. *Los procesos logísticos del plástico en Colombia tiene altos costos</p>
<p>Juan P. Afanador, Ivon L. Bonilla, Viatcheslav V. Kafarov, Andrés F. León-Esteban, Lynda V. Carreño</p>	<p>2022</p>	<p>Plastic Waste to Energy, Technology Solutions Based on Sustainability Criteria for Medium Size City in Latin America, Considering COVID-19 Pandemic</p>	<p>Investigación que propone soluciones tecnológicas para el aprovechamiento y transformación de residuos plásticos mediante la generación de energía; realizando un estudio de caso en Bucaramanga, Colombia.</p>	<p>* La gasificación y la pirolisis integradas con la producción de energía son las tecnologías menos contaminantes en la regeneración de residuos plásticos. *El plástico es una fuente de energía muy lucrativa debido a su naturaleza como subproducto del petróleo crudo. *Reducción de huella ambiental *Estrategias para reducir el impacto del uso del plástico, como la aplicación de programas como las 10RS</p>
<p>Ortega-Ramírez, A.T., Reyes Tovar, M., del Carmen Elmira Castro, N., Silva-Marrufo, O.</p>	<p>2023</p>	<p>Valuation of Plastic Waste as a Community Circular Economy Strategy in the Municipality of Choco–Colombia</p>	<p>Estudio realizado para evaluar las practicas que actualmente se utilizan en Choco para el aprovechamiento de residuos plásticos sólidos y a partir de este se estructura un modelo de negocio que permita la producción de madera plástica</p>	<p>*El 11% de los residuos generados en Quibdó corresponde a bolsas plástico y PVC. *Proponer un modelo económico orientado a una planta de fabricación de madera. *Nuevas alternativas de continuidad económica, sustentable y mejor social. *Oportunidades para dar un segundo uso a los residuos</p>

<p>Morales, M.A., Maranon, A., Hernández, C., Michaud, V., Porras, A.</p>	<p>2023</p>	<p>Colombian Sustainability Perspective on Fused Deposition Modeling Technology: Opportunity to Develop Recycled and Biobased 3D Printing Filaments</p>	<p>Esta revisión de literatura presenta la situación de la contaminación de los plásticos y las fibras agroindustriales, seguido de la oportunidad de darles valor agregado aplicando conceptos de EC para desarrollar nuevos materiales para la fabricación de materia prima utilizada en la técnica de impresión 3D.</p>	<p>-Se evidencia potencial en los avances, desafíos y oportunidades en plásticos reciclados y fibras naturales. -Permite el progreso del país y el cumplimiento de la Agenda 2030 y la Estrategia Sostenible. -Los biocompuestos de fibras naturales y materiales plásticos reciclados están siendo ampliamente estudiados para aplicaciones 3D.</p>
<p>Bautista, K.S., Hernández, N.E., Solano, J.K., Orjuela, D., Acevedo, P</p>	<p>2023</p>	<p>Life Cycle Analysis for the Recycled Expanded Polystyrene (EPS) and Polypropylene (PP) Mixture as an Alternative to the Material in the Construction Sector</p>	<p>Los autores alternativa de aprovechamiento de dos residuos plásticos sólidos, a partir de polipropileno (PP) reciclado y poliestireno expandido (EPS), con el que se desarrolla un nuevo material utilizando estas dos materias primas recicladas y donde se evalúa sus propiedades físico-mecánicas.</p>	<p>-El nuevo material produce un menor impacto ambiental -La mezcla polimérica se puede utilizar para recubrir instalaciones eléctricas y comunicación. -El estudio se hizo comparando el nuevo material con el PVC -La metodología utilizada fue el análisis del ciclo de vida (ACV) -En los resultados obtenidos se evidencia ahorro en el consumo energético y de agua.</p>
<p>Rubén García- Sobrino, Alejandro Cortés, Rocío Calderón-Villajos, Jorge G. Díaz, Marta Muñoz</p>	<p>2023</p>	<p>Novel and Accessible Physical Recycling for Expanded Polystyrene Waste with the Use of Acetone as a Solvent and Additive Manufacturing (Direct Ink-Write 3D Printing)</p>	<p>Exploración de una alternativa tecnología y asequible para tratar residuos de poliestireno expandido (EPS) mezclado con acetona para ser utilizado como tinta de impresión 3D para la tecnología Direct Ink Write.</p>	<p>-Viabilidad de esta tecnología de reciclaje físico para residuos de Poliestireno Expandido -Facilidad y accesibilidad para reciclar los residuos de EPS que presenta una creciente producción en la industria plástica.</p>
<p>Pinto Torres, Camilo Andrés; Cardona Gómez, Juanita; Polanco Puerta, Manuel Francisco.</p>	<p>2023</p>	<p>Percepción de consumidores y perspectivas de industrias de alimentos de Cali sobre el uso de bioplástico en sus empaques</p>	<p>El artículo es una investigación que analiza la percepción de los consumidores e industriales frente al uso de bioplástico para los empaques de los alimentos de consumo masivo.</p>	<p>-Las personas están dispuestas a pagar más por productos con empaques de bioplásticos y empaques sostenibles. -Los industriales no migran al uso de bioplásticos por el alto costo del material. -Falta de programas de educación en desarrollo sostenible y economía circular dirigidos a la población de todos los estratos socioeconómicos y edades -Ventajas de la posibilidad de compostar y ser de origen de fuentes renovables.</p>

Jhon Cárdenas-Pulido; Camilo Higuera-Flórez; Luis Manuel Coral; Juan Pablo Gil	2023	Assessment of the mechanical and durability properties of cementing mortars reinforced with different proportions of PET fibers (PFRM)	Investigación experimental en el que se evaluaron de las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad de 60 muestras de mortero reforzado con fibras de PET (PFRM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Impulsar estrategias que permitan el reciclaje y reutilización sostenible del PET</li> <li>-Las fibras de PET convierten los morteros de cementación en materiales ligeros.</li> <li>-El PET mejora las propiedades de porosidad, permeabilidad y durabilidad.</li> <li>-Fomenta una forma adecuada de gestionar residuos del PET en aplicaciones prometedoras en morteros de reparación</li> </ul>
Asociación Colombiana de Industrias Plásticas (Acoplásticos)	2023	Plásticos en Colombia 2023	Artículo que presenta una perspectiva sobre los desafíos que ha enfrentado el sector de plásticos, debido a que Colombia ha implementado un esquema de responsabilidad extendida del productor para los empaques y envases, y la ley que regula los productos plásticos de un solo uso. Esto ha generado que la industria de plásticos, petroquímica, química básica, pinturas, caucho, tintas y fibras sintéticas, enfrenen una mayor responsabilidad en garantizar su sostenibilidad, en especial en términos ambientales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La tecnología de impresión 3D es una solución a los retos de sostenibilidad de la industria plástica, abriendo nuevas oportunidades para impulsar la economía circular.</li> <li>-Es importante entender la cadena de valor del plástico y su interacción con el entorno a lo largo de su ciclo de vida.</li> <li>-Ley 2232 de 2022, conocida como la Ley de Plásticos de un Solo Uso.</li> <li>-El análisis de ciclo vida (LCA) permite ver los resultados del proceso de rediseño de productos (eco diseño) en línea con los objetivos de sostenibilidad de las empresas.</li> <li>-El LCA es una herramienta determinante para transitar hacia un modelo de Economía Circular y sostenible en la industria del plástico en Colombia.</li> </ul>
Carlos E. Aristizábal Alzate, José L. González Manosalva, Juan C. Gutiérrez Cano	2020	Análisis del ciclo de vida y cálculo de la huella de Carbono para un proceso de reciclaje de botellas PET en Medellín (ANT)	Este trabajo analiza la presentación del ciclo de vida (ACV) y la determinación de la huella de carbono (HC), para una empresa de reciclaje de botellas de plástico tipo PET, con el fin de tener un comparativo y determinar el impacto ambiental del objeto de estudio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-El reciclaje es una forma efectiva de disminuir las emisiones Gases Efecto Invernadero (GEI).</li> <li>-El análisis del ciclo de vida (ACV), permite conocer el origen y la magnitud de los consumos en un proceso.</li> <li>-El proceso de reciclaje permite que los residuos sean vistos como un problema, por lo que busca mantener los recursos el mayor tiempo posible mediante el aprovechamiento para la producción de nuevos materiales.</li> </ul>
Asociación Colombiana de Industrias Plásticas (Acoplásticos)	2023	Acoplásticos se une a la firma del Pacto de Plásticos y Elementos de un Solo Uso liderado por MinAmbiente	Artículo de Acoplásticos, gremio que representa a las industrias de plásticos, petroquímica, química básica, pinturas, caucho,	-Disminuir y sustituir gradualmente los productos plásticos de un solo uso en el país mediante la implementación de una economía circular

			tintas y fibras, se suma a esta iniciativa reafirma su compromiso con la promoción de la economía circular, el desarrollo sostenible de la industria y el fortalecimiento de las cadenas de valor de los plásticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Implementación de estrategias como el eco diseño, el eco etiquetado, el fortalecimiento de las cadenas de valor, la inclusión social, la capacitación, la sensibilización, el consumo responsable y la cultura ciudadana.</li> <li>-Mercados del reciclaje de plásticos en Colombia cada vez más dinámicos y competitivos.</li> <li>- Promover la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+I) de alternativas sostenibles para los plásticos.</li> </ul>
Margarita del Rosario Salazar Sánchez, José Fernando Solanilla Duque, Aidé Sáenz Galindo and Raúl Rodríguez Herrera	2023	Biodegradable Polymers Concepts and Applications	Libro que aborda impacto negativo de los polímeros sintéticos en el medio ambiente, lo cual ha llevado a la necesidad de crear polímeros biodegradables, siendo así la importancia de dar a conocer los conceptos básicos, descripción de las técnicas, estándares y análisis que se realizarán para caracterizar materiales poliméricos biodegradables.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Importancia de seguir desarrollando y/o innovando procesos considerando el medio ambiente.</li> <li>-Los biopolímeros son producidos por organismos vivos</li> <li>-Algunos de los obstáculos que aún existen con los biopolímeros son el alto costo y producción limitada.</li> <li>-El uso de biopolímeros en el recubrimiento de envases de alimentos para reemplazar los materiales tradicionales no degradables como polipropileno, polietileno, etc.</li> <li>-Los plásticos biodegradables están diseñados para degradarse en condiciones ambientales o en el tratamiento biológico de residuos.</li> </ul>

*Nota.* Recopilación de las ideas principales de las diferentes investigaciones encontradas en el periodo del 2019 al

2023. *Fuente.* Elaboración propia a partir de la revisión documental en base de datos.