



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
ICADE

IMPLEMENTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO: RETOS Y OPORTUNIDADES

Autor: Luis Moreno Font
Directora: Carmen Fullana Belda

MADRID | Noviembre 2024

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Índice de Ilustraciones	2
Resumen	3
Palabras clave	4
Abstract	5
Key words	6
Acrónimos	7
1 Introducción	8
2 Marco Teórico	11
3 Sostenibilidad, ODS y RSC	14
3.1 Sostenibilidad	14
3.1.1 Definición de sostenibilidad	14
3.1.2 Evolución histórica	15
3.1.3 Desarrollo del concepto.....	15
3.2 Objetivos de desarrollo sostenibles (ODS)	17
3.2.1 Definición de ODS.....	17
3.2.2 Evolución histórica	18
3.2.3 ODS en la industria del plástico	19
3.3 Responsabilidad Social Corporativa	19
3.3.1 Definición.....	20
3.3.2 Evolución histórica	20
4 La Economía Circular	20
4.1 Conceptos y Principios de la Economía Circular	20
4.2 Beneficios y Retos de la Economía Circular	21
4.3 Aplicaciones Prácticas y Ejemplos	21
5 La industria del plástico	22
5.1 Historia y evolución del uso del plástico	22
5.2 Impacto Ambiental del plástico	24
5.3 Normativas y regulaciones actuales sobre el uso del plástico	26
6 Aplicación de la Economía Circular en la Industria del Plástico	30
6.1 Diseño de Productos Sostenibles	30
6.2 Procesos de Producción Circular	31
6.3 Reciclaje y Reutilización de Materiales Plásticos	32
6.4 Innovaciones Tecnológicas en el Reciclaje de Plástico	32
7 Caso de Estudio	33
7.1 Coca Cola y la Economía Circular en el Plástico	34
7.2 Resultados y Progresos en favor de la Economía Circular	36
8 Retos en la Implementación de la Economía Circular en la Industria del Plástico	37
8.1 Dificultad para Reciclar Ciertos Productos	37

8.2 Resistencia al Cambio por parte de Gobiernos, Empresas y Consumidores.....	39
8.3 Reto Económico.....	39
9 Oportunidades y Beneficios.....	40
9.1 Aspectos sociales	40
9.2 Aspectos económicos	41
9.3 Aspectos Ambientales.....	42
10 Conclusiones.....	43
11 Declaración sobre el uso de Chat GPT u otras herramientas de inteligencia artificial generativa	46
12 Bibliografía	47
13 Anexos.....	51
13.1 Tabla de Fuentes Utilizadas.....	51

Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1: Producción del plástico a lo largo de la historia. Fuente: Our World in Data (2023).</i>	12
<i>Ilustración 2: Porcentaje de empresas del N100 (azul claro) y G250 (azul oscuro) en ofrecer informes de sostenibilidad a lo largo del tiempo. Fuente: KPMG, 2022.</i>	16
<i>Ilustración 3: Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: United Nations, 2015.</i>	17
<i>Ilustración 4: Encuesta acerca de la preocupación social por el cambio climático. Fuente: Kantar Public, 2021.</i>	18
<i>Ilustración 5: Historial de la producción global de plástico. Fuente: Elaboración propia.</i>	24
<i>Ilustración 6: Acumulaciones de plástico en los océanos Fuente: BBC News, 2024.</i>	25
<i>Ilustración 7: Evolución de las Normativas sobre el Uso del Plástico. Fuente: Elaboración propia, 2024.</i>	28
<i>Ilustración 8: Producción de Plásticos por Empresas en 2020 en millones de toneladas métricas. Fuente: Elaboración propia a partir de información recogida de Break Free From Plastic, 2024.</i>	34
<i>Ilustración 9: Campaña de concienciación de reciclaje de coca Cola. Fuente: MarketingNews, 2024.</i>	36
<i>Ilustración 10: Evolución en el uso de plástico reciclado (rPET) en los envases de Coca Cola. Fuente: Elaboración propia a partir de información recogida de Coca Cola, 2024.</i>	37

Resumen

El presente Proyecto desarrolla un estudio sobre la implementación de la economía circular en la industria del plástico, analizando retos, oportunidades y beneficios. La investigación aborda la urgente necesidad de transformar un modelo económico lineal, basado en el "usar y tirar", hacia un sistema sostenible que optimice los recursos, minimice los residuos y reduzca los impactos ambientales. Entre los objetivos principales del Proyecto destaca la contextualización de la economía circular, la evaluación del impacto ambiental del plástico, la examinación de estrategias de reciclaje y utilización, y por último, el análisis de casos reales de implementación como el de Coca Cola o el desarrollo de diseños sostenibles como los de la empresa LEGO.

En cuanto a la metodología utilizada en el Proyecto, se destaca una combinación entre una revisión bibliográfica exhaustiva de literatura científica, informes institucionales y normativas internacionales, y un análisis documental de casos y datos cuantitativos del sector. Gracias a la metodología presentada se logra construir un marco sólido, ofreciendo una visión integral de las prácticas actuales y los desafíos que plantea la transición hacia un modelo circular.

El Proyecto pone énfasis en las técnicas de reciclaje avanzado, prestando especial atención al reciclaje químico, solución prometedora para procesos complejos de reciclaje debido a la complejidad molecular de algunos plásticos. Una exitosa implementación de esta técnica lograría descomponer los plásticos en sus componentes químicos básicos, logrando productos de alta calidad y evitando la degradación asociada al reciclaje mecánico. Sin embargo, el Proyecto también analiza el reto que supone su desarrollo debido a los altos costes iniciales y la necesidad de mejorar su eficiencia energética. Por otro lado, se analiza el avance de las innovaciones tecnológicas que ayudan al desarrollo de la economía circular, como la inteligencia artificial para la clasificación de residuos o el diseño de materiales más fácilmente reciclables.

Gracias a los hallazgos derivados de la investigación del Proyecto, se resalta que la economía circular puede reducir hasta un 80% los residuos plásticos en los océanos y disminuir significativamente las emisiones de gases

de efecto invernadero. Asimismo, genera oportunidades sociales como la creación de empleos verdes y beneficios económicos derivados del ahorro a largo plazo. Sin embargo, a lo largo del Proyecto también se identifican los enorme retos que trae consigo la implementación de prácticas circulares, como la falta de infraestructura adecuada en regiones en desarrollo, los elevados costes de inversión inicial o la resistencia al cambio por parte de gobiernos y empresas.

El Proyecto concluye con la firme convicción de que la economía circular no solo se presenta como una solución viable para mitigar el impacto ambiental del plástico, sino también como una necesidad urgente en el contexto global actual. Por otra parte, el Proyecto destaca la importancia de la colaboración internacional y los incentivos económicos para superar los desafíos. Finalmente, se plantean líneas de investigación futuras en el desarrollo de tecnologías avanzadas de reciclaje, especialmente químico, y en la implementación de prácticas circulares en regiones menos desarrolladas.

La economía circular, presentada como una estrategia imprescindible, ofrece la oportunidad de transformar la industria del plástico en un motor de sostenibilidad global.

Palabras clave

Economía Circular

Industria del Plástico

Sostenibilidad

Reciclaje Químico Avanzado

Coca Cola

Abstract

This project develops a study on the implementation of the circular economy in the plastics industry, analyzing challenges, opportunities, and benefits. The research addresses the urgent need to transform a linear economic model, based on “use and throw away”, towards a sustainable system that optimizes resources, minimizes waste, and reduces environmental impacts. The main objectives of the project include the contextualization of the circular economy, the evaluation of the environmental impact of plastic, the examination of recycling and utilization strategies, and finally, the analysis of real cases of implementation such as Coca Cola or the development of sustainable designs such as those of the LEGO company.

Regarding the methodology used in the Project, it is presented a combination of an exhaustive bibliographic review of scientific literature, institutional reports and international regulations, and a documentary analysis of cases and quantitative data of the sector stand out. Thanks to the methodology presented, a solid framework has been built, offering a comprehensive view of current practices and the challenges posed by the transition to a circular model.

The project emphasizes advanced recycling techniques, paying special attention to chemical recycling, a promising solution for complex recycling processes due to the molecular complexity of some plastics. Successful implementation of this technique would break down plastics into their basic chemical components, achieving high quality products and avoiding the degradation associated with mechanical recycling. However, the Project also analyzes the challenge of its development due to the high initial costs and the need to improve its energy efficiency. On the other hand, it analyzes the progress of technological innovations that help the development of the circular economy, such as artificial intelligence for waste sorting or the design of more easily recyclable materials.

Thanks to the findings derived from the Project's research, it is highlighted that the circular economy can reduce plastic waste in the oceans by up to 80%

and significantly reduce greenhouse gas emissions. It also generates social opportunities such as the creation of green jobs and economic benefits derived from long-term savings. However, the Project also identifies the enormous challenges involved in implementing circular practices, such as the lack of adequate infrastructure in developing regions, high initial investment costs and resistance to change on the part of governments and companies.

The Project concludes with the firm conviction that the circular economy is not only a viable solution to mitigate the environmental impact of plastic, but also an urgent necessity in the current global context. Moreover, the Project highlights the importance of international collaboration and economic incentives to overcome the challenges. Finally, future lines of research are proposed in the development of advanced recycling technologies, especially chemical, and in the implementation of circular practices in less developed regions.

The circular economy, presented as an essential strategy, offers the opportunity to transform the plastics industry into an engine of global sustainability.

Key words

Circular Economy

Plastics Industry

Sustainability

Advanced Chemical Recycling

Coca Cola

Acrónimos

ODS	Objetivos de desarrollo Sostenible
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
RSC	Responsabilidad Social Corporativa
PET	Tereftalato de Polietileno
rPET	Tereftalato de Polietileno reciclado
RIC	Resin Identification Codes
SPI	Society of the Plastics Industry
RAP	Responsabilidad Ampliada del Productor
PVC	Policloruro de Vinilo
I+D	Investigación y Desarrollo

1 Introducción

El presente proyecto de Fin de Grado tiene como objetivo principal el análisis de la implementación de la economía circular en la industria del plástico, de manera que se identifiquen los retos y las oportunidades que esta transición presenta. Nos encontramos en un momento en el que la sostenibilidad ambiental y la optimización de los recursos se han convertido en prioridades a nivel mundial. Es ahí donde nace la economía circular, un concepto capaz de liderar la reestructuración de las industrias altamente contaminantes como la del plástico. Por ello, el tema del que trata el presente proyecto es de suma importancia, pues generaciones venideras pondrán en cuestión las actuaciones, decisiones y estrategias que se están tratando hoy en día en lo relativo a la economía circular en la industria del plástico.

Además del objetivo principal ya presentado, este caso de estudio también abordará una serie de objetivos adicionales:

- Definir y contextualizar la economía circular: se proporcionará una visión detallada de los principios fundamentales de la economía circular y sus diferencias con el modelo económico lineal tradicional.
- Examinar el impacto ambiental del plástico: se analizará el impacto ambiental de la producción y el uso de plástico, así como las normativas y regulaciones vigentes que buscan mitigar estos efectos.
- Evaluar las prácticas de economía circular en el plástico: se investigará y describirá las principales prácticas y estrategias de economía circular aplicadas en la industria del plástico, incluyendo el diseño sostenible, los procesos de producción circular, y las tecnologías de reciclaje.
- Estudiar un caso real de implementación: se realizará un análisis detallado de la empresa Coca-Cola y de los ejemplos internacionales que ha adoptado con éxito sobre prácticas de economía circular en la gestión del plástico.

- Identificar los retos y barreras: Identificar y analizar los principales desafíos técnicos, económicos y sociales que enfrentan las empresas y gobiernos al implementar estrategias de economía circular en la industria del plástico.
- Explorar las oportunidades y beneficios: Evaluar las oportunidades económicas, ambientales y sociales que la economía circular puede ofrecer a la industria del plástico, destacando los beneficios a largo plazo de su adopción.

Para lograr el objetivo del estudio, se llevará a cabo una metodología basada en un enfoque inductivo, que combine diversas estrategias de investigación, haciendo uso de métodos tanto cualitativos como cuantitativos. Para el análisis cualitativo, se llevará a cabo una revisión bibliográfica de manera exhaustiva, donde se prestará especial atención a la literatura científica, a informes de organismos internacionales y a estudios de caso de otras industrias donde se ha llegado a aplicar con éxito los principios de la economía circular. Además, se llevará a cabo un análisis documental donde se examinarán normativas, políticas y regulaciones actuales que afectan a la producción, uso y reciclaje del plástico. En cuanto al aspecto cuantitativo, se llevará a cabo un estudio acerca de los datos disponibles en informes de sostenibilidad de diversas empresas, estadísticas sectoriales y estudios de impacto ambiental, con el fin de proporcionar una visión completa de las prácticas actuales y de los retos y oportunidades que emergen de la transición hacia la economía circular, prestando especial interés a la elaboración final de propuestas y recomendaciones.

La investigación que se llevará a cabo es altamente relevante debido a la necesidad urgente de repensar la manera en la que se gestiona el plástico en un modelo económico lineal que favorece el “usar y tirar”. Hoy en día, la producción mundial de plástico genera una cantidad alarmante de residuos, los cuales no son reciclados en su gran mayoría, lo que conduce a una situación de contaminación ambiental. Son diversos los estudios y normativas recientes que abogan por la necesidad inminente de adoptar un enfoque circular, donde se

preste especial interés al diseño de los productos con el fin de potenciar en un futuro su reciclaje y su reutilización. Sin embargo, son muchos los desafíos que afronta esta implementación, los cuales deben ser comprendidos y abordados.

El presente proyecto se organiza en varias secciones principales. En primer lugar, se introduce, define y contextualiza el concepto de economía circular, presentando sus principios fundamentales y contrastándolos con el modelo lineal tradicional que aún prevalece en numerosas industrias. En segundo lugar, se centrará la atención en la industria del plástico y en la urgente necesidad de abordar políticas en lo relativo a la economía circular, ofreciendo soluciones como el diseño de productos sostenibles, o distintos procesos e innovaciones tecnológicas de reciclado aplicables a esta industria. Asimismo, se presentarán distintos casos de estudio sobre ejemplos prácticos de cómo es viable la implementación de la economía circular en la industria del plástico. Por último, se comentarán los retos económicos, sociales y culturales que conllevan la implementación de las prácticas descritas en el presente proyecto, además de valorar las oportunidades y beneficios que dicha aplicación conllevaría, cerrando con una serie de conclusiones y reflexiones finales.

Este estudio no solo busca analizar el estado actual de la industria del plástico en su transición hacia la economía circular, sino también ofrecer propuestas concretas para facilitar dicho cambio.

2 Marco Teórico

En esta sección se presentará la base teórica y conceptual por la cual se rige la presente investigación. El objetivo del Marco Teórico es el de contextualizar y situar el concepto de economía circular y su posible implementación en la industria del plástico, además de explicar las teorías y los conceptos clave que aparecen en esta investigación. La economía circular se entiende como un concepto económico con un enfoque sistémico que trata de reemplazar el modelo lineal de “usar y tirar” con un ciclo de reutilización, renovación y reciclaje de materiales y productos (Ellen MacArthur Foundation, 2013). El modelo lineal aboga por la extracción de recursos para su futura conversión en residuos una vez han sido utilizados. Sin embargo, la economía circular apuesta por mantener los productos y materiales en uso lo máximo posible, de manera que se reduzca enormemente la generación de residuos y la extracción de nuevos recursos (Geissdoerfer et al., 2017). La economía circular está fundamentada por tres principios:

- Diseño de productos para eliminar residuos y contaminación.
- Mantener productos y materiales en uso.
- Regenerar los sistemas naturales.

Mediante la implementación de estos principios se consigue que los materiales, especialmente aquellos con un alto impacto ambiental como el plástico, sean aprovechados de manera más sostenible y eficiente.

Cuando hablamos del plástico, nos encontramos ante uno de los materiales más revolucionarios del siglo XX debido a su versatilidad, durabilidad y bajo coste de producción. Desde que fue inventado, su producción se ha visto aumentada exponencialmente, hasta unos límites máximos en el año 2019 de más de 400 millones de toneladas (PlasticsEurope, 2020). Además, el modelo de producción y consumo constante ha provocado la acumulación de residuos plásticos de forma masiva, agravándose esta situación en océanos y

ecosistemas terrestres. A continuación, se muestra un gráfico donde se aprecia la evolución histórica de la producción del plástico, donde se acentúa la idea propuesta de que la producción de este se ha visto exponencialmente elevada a lo largo de los años.

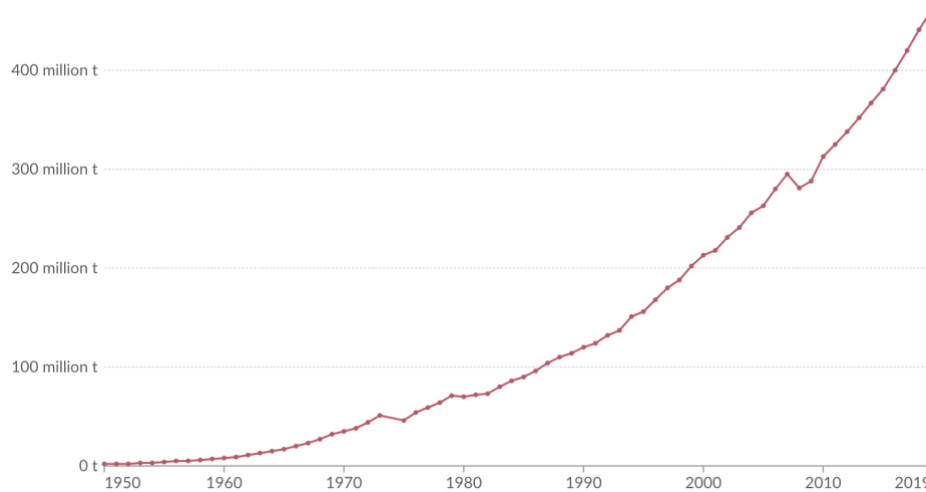


Ilustración 1: Producción del plástico a lo largo de la historia. Fuente: Our World in Data (2023).

Por lo tanto, la implementación de la economía circular en la industria del plástico es un pilar fundamental que transformará por completo la gestión de este material. De dicha implementación se destacan tres principios clave. En primer lugar, el diseño sostenible de productos; es necesario que se minimice la mezcla de materiales en la fase de diseño, pues dificulta su reutilización (Lacy & Rutqvist, 2015). En segundo lugar, se debe apostar por la producción circular, o lo que es lo mismo, los procesos industriales deben permitir que los residuos se conviertan en materias primas para nuevas producciones. Por último, se deben impulsar las innovaciones tecnológicas que faciliten el reciclaje y la reutilización de residuos plásticos, ofreciendo soluciones para una mayor aplicación de la economía circular en este sector (Al-Salem, Lettieri & Baeyens, 2009).

La producción y la no reutilización de los plásticos genera impactos ambientales muy significativos, como lo son la contaminación de los ecosistemas marinos, la emisión de gases invernadero, o incluso problemas severos y directos para el ser humano, debido a la presencia de microplásticos en la cadena de alimentos. Estos problemas han sido abordados previamente, aunque nunca a nivel global, siendo pocas las instituciones que se han atrevido a tratar

de resolver estos conflictos. La Unión Europea es una de ellas, mediante la Directiva Europea 2019/904 que restringe el uso de plásticos de un solo uso (European Commission, 2019).

Son diversos los casos donde se observa cómo las empresas y los gobiernos adoptan prácticas de economía circular en el sector del plástico. Por ejemplo, la empresa Philips ha desarrollado estrategias de diseño capaces de desmontar sus productos para que puedan ser fácilmente reutilizados. Además, existen ciertos países como Finlandia, donde han desarrollado un Programa de Economía Circular donde se ha logrado reducir los residuos plásticos a través de incentivos al reciclaje mediante políticas de responsabilidad (Sitra, 2020).

La industria del plástico enfrenta retos importantes al implantar la economía circular en este sector, como lo son las grandes inversiones tecnológicas que se deben hacer o la adaptación de las cadenas de suministro y el cambio en los patrones de consumo. Sin embargo, con esta implementación, surgen grandes oportunidades como la creación de empleos verdes, la mejora en la competitividad empresarial a largo plazo y la reducción de la dependencia de recursos fósiles (Geissdoerfer et al., 2017). Solo mediante la estrecha colaboración entre gobiernos, empresas del sector privado y consumidores hará posible que la transición hacia un modelo circular y sostenible sea altamente exitosa.

3 Sostenibilidad, ODS y RSC

En el presente apartado se analizarán conceptos fundamentales que se vinculan con la economía circular y su relevancia en la industria del plástico. La sostenibilidad, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la Responsabilidad Social Corporativa son aspectos fundamentales que ejemplifican la manera en la que empresas y gobiernos toman decisiones para alinearse con una gestión más sostenible de los recursos plásticos.

3.1 Sostenibilidad

El concepto de economía circular no se puede entender sin antes hablar de la sostenibilidad. En este apartado se explicará la relevancia que este concepto implica en todo aquello relativo al tema de la economía circular y su implementación en la industria del plástico.

3.1.1 Definición de sostenibilidad

La sostenibilidad se entiende como la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin llegar a comprometer las de las generaciones futuras. Existen tres pilares principales que sostienen el concepto de sostenibilidad (Bruntland Commission, 1987):

- Desarrollo económico: mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, generando riqueza y sin comprometer los recursos para el futuro. Para ello, se aboga por un crecimiento inclusivo, donde se fomente la innovación y la eficiencia de los recursos, sin que las generaciones futuras se vean afectadas por el bienestar económico actual (United Nations, 2015).
- Equidad social: garantizar que todos y cada uno de los grupos que forman una sociedad tengan acceso a recursos y oportunidades de forma equitativa, especialmente los grupos más vulnerables. Educación, justicia social, servicios de salud y condiciones de trabajo dignas son algunos de

los recursos y oportunidades a los que todo el mundo debería tener acceso. Equidad social es, al fin y al cabo, la eliminación de las desigualdades con el objetivo de fomentar un desarrollo justo donde todos los individuos de una sociedad sean beneficiados (Bruntland Commission, 1987).

- Protección ambiental: este último pilar implica la gestión responsable y la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales. Tiene como objetivo reducir el impacto ambiental derivado de las actividades del ser humano garantizando un futuro próspero de los ecosistemas.

3.1.2 Evolución histórica

El término de sostenibilidad fue conocido y popularizado tras el informe “Nuestro Futuro Común”, el cual fue presentado en la comisión de Brundtland en 1987. En él se introdujo la idea de que era necesario y urgente un desarrollo donde se considerase la preservación de recursos para el futuro (World Commission on Environment and Development, 1987). Fue a partir de los años 90 cuando el concepto de sostenibilidad se fue adhiriendo al ámbito empresarial, destacando prácticas y acciones basadas en la producción limpia y en el ecodiseño. Una década más tarde, a comienzos del siglo XXI, aparecieron diversos términos relacionados con la sostenibilidad como “huella de carbono” y “economía circular”, los cuales han sido relevantes a la hora de fomentar una mayor conciencia sobre los impactos ambientales de la producción industrial, incluyendo la del plástico (Geissdoerfer et al., 2017).

3.1.3 Desarrollo del concepto

La sostenibilidad se ha instaurado como una guía sobre cómo llevar a cabo prácticas y acciones responsables, llegando a ser un marco de referencia sobre gobiernos y empresas. El concepto de sostenibilidad está fuertemente ligado a la industria del plástico, donde aparecen prácticas altamente demandadas como el diseño de productos reutilizables y el reciclaje avanzado. Por otra parte, la

sostenibilidad está muy vinculada a la innovación tecnológica y a la mejora de la eficiencia de los procesos para reducir los residuos plásticos.

A lo largo del tiempo desde su aparición, la sostenibilidad ha ido formando parte, cada vez más, de las decisiones tomadas por las empresas a nivel mundial. A continuación, se muestra un gráfico donde se percibe cómo las empresas más importantes del mundo se han ido sumando a la idea de aportar datos sobre las prácticas de sostenibilidad aplicadas. Todo ello provoca una tendencia creciente a la hora de adoptar prácticas de transparencia en lo relativo a la sostenibilidad.

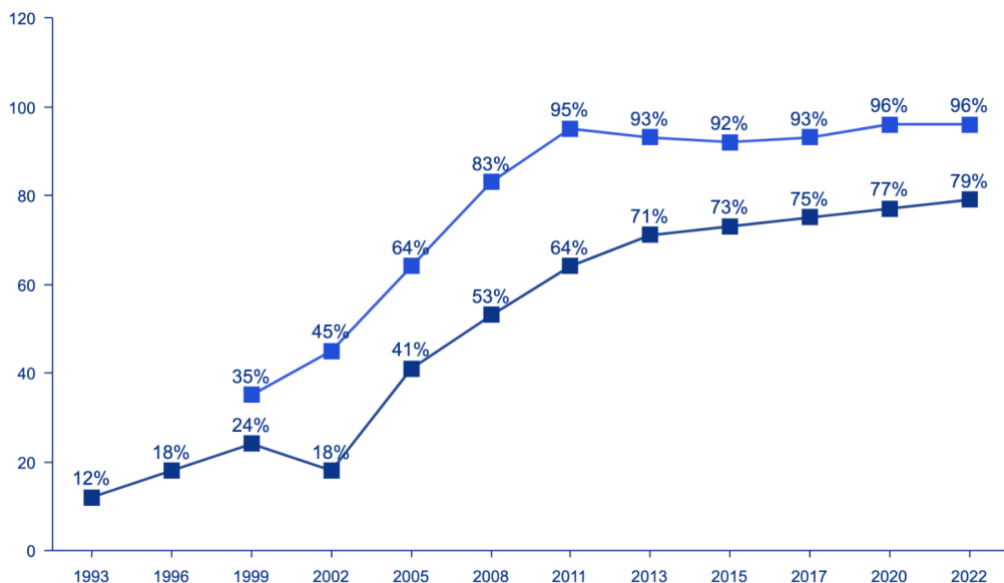


Ilustración 2: Porcentaje de empresas del N100 (azul claro) y G250 (azul oscuro) en ofrecer informes de sostenibilidad a lo largo del tiempo. Fuente: KPMG, 2022.

Como se puede observar, en 2022, un 96% de empresas del G250 y un 79% de empresas del N100 publicaron informes de sostenibilidad. El término G250 hace referencia a las 250 empresas más grandes del mundo a nivel de ingresos, mientras que el N100 se refiere a un grupo de 4.900 empresas que representan las 100 empresas principales por ingresos en cada uno de los 49 países incluidos en el análisis.

3.2 Objetivos de desarrollo sostenibles (ODS)

El presente apartado es de suma importancia para entender la manera en la que el concepto objeto de estudio en esta investigación se alinea con la situación social y económica que atraviesan las naciones hoy en día.

3.2.1 Definición de ODS

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible son un total de 17 objetivos que las Naciones Unidas adoptaron en el año 2015 para tratar problemas a nivel mundial como la desigualdad, la pobreza, la degradación ambiental y el cambio climático. Estos objetivos son parte de la Agenda 2030 de cara al Desarrollo Sostenible y tratan de hacer un equilibrio entre los tres pilares fundamentales de la sostenibilidad: el desarrollo y crecimiento económico, la equidad social y la protección del medio ambiente (United Nations, 2015). A continuación, se muestra una ilustración donde se pueden apreciar los 17 objetivos que se establecieron bajo el apodo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.



Ilustración 3: Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: United Nations, 2015.

3.2.2 Evolución histórica

Los ODS están precedidos de otros objetivos que se plantearon anteriormente, comúnmente conocidos como los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), los cuales estuvieron en vigor desde el año 2000 hasta el año 2015. A diferencia de los ODS, los cuales abarcan un conjunto de desafíos más amplio, los ODM tenían como prioridad combatir la pobreza extrema y la mejora en la educación. Además, los ODS también incluyen, a diferencia de los ODM, el uso responsable de los recursos naturales y la lucha contra el cambio climático (Sachs, 2012). La razón por la cual se redefinieron los objetivos a tratar fue por el continuo crecimiento a nivel mundial de la conciencia sobre el medio ambiente y el cambio climático, por ello se han ido adhiriendo objetivos que aplican directamente a sectores como la industria del plástico, a través de temas críticos como la producción y el consumo sostenible. Para ejemplificar este crecimiento de la conciencia sobre el medio ambiente, a continuación, se va a mostrar un gráfico sobre una encuesta que se realizó en 2021 en distintos países sobre si las personas estaban o no preocupadas por las acciones que el cambio climático podría traer consigo.

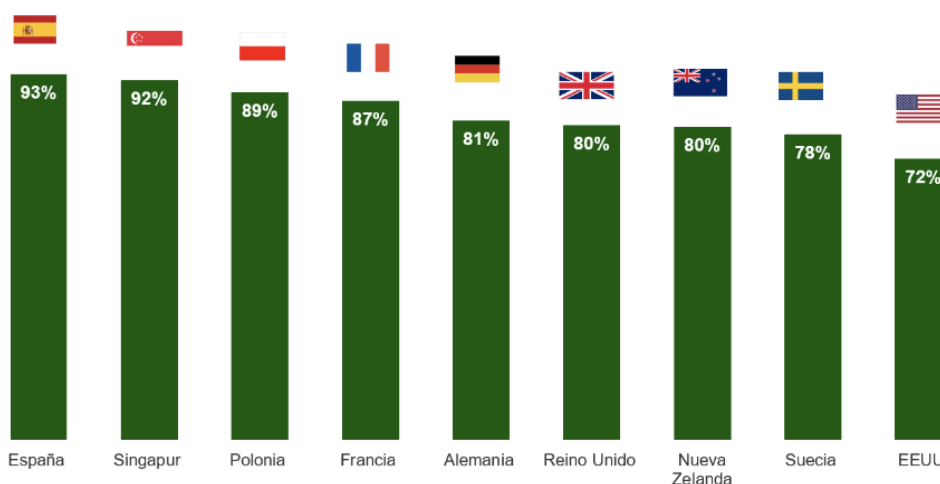


Ilustración 4: Encuesta acerca de la preocupación social por el cambio climático. Fuente: Kantar Public, 2021.

Como se puede observar fácilmente, en los 9 países donde se realizó la encuesta, la gran mayoría de las personas afirmaron estar preocupados por el

cambio climático. Además, destaca que España se sitúa en lo más alto con un total de 93% de personas afirmando estar preocupadas por este asunto.

3.2.3 ODS en la industria del plástico

En cuanto a la implementación de la economía circular en la industria del plástico, hay una serie de particularidades que se alinean con los ODS:

- ODS 12. Producción y consumo responsables: con este objetivo se pretende hacer un uso eficiente de los recursos y reducir la cantidad de residuos generados, lo que viene siendo gran parte de lo que se conoce como economía circular.
- ODS 13. Acción por el clima: este objetivo pretende reducir las emisiones de efecto invernadero. A través de las prácticas implementadas con la economía circular, se logrará la adopción de prácticas de reciclaje que permitirán disminuir considerablemente las emisiones relacionadas con la producción de materiales plásticos (Hopewell et al., 2009).
- ODS 14. Vida submarina: mediante la gestión eficiente de residuos y la reducción del desecho plástico, la economía circular contribuye a la protección de los ecosistemas submarinos, los cuales se encuentran altamente amenazados por los residuos plásticos.

3.3 Responsabilidad Social Corporativa

La investigación que se lleva a cabo en este estudio no se entiende sin antes presentar y mencionar la idea de que las empresas y los individuos somos responsables con nuestras acciones diarias de mantener hábitos y actitudes que vayan de la mano de prácticas sostenibles que favorezcan el desarrollo y la conservación del medio ambiente.

3.3.1 Definición

La Responsabilidad Social Corporativa (RSC) se entiende como el compromiso que tienen las empresas de actuar éticamente con el objetivo de contribuir al desarrollo económico mientras mejoran la calidad de vida de sus empleados, las comunidades locales y la sociedad en general (Carroll, 1999). En lo relativo a la industria del plástico, la RSC implica que las empresas adopten una serie de medidas para minimizar el impacto ambiental, promover el reciclaje y fomentar la educación sobre el uso responsable de los plásticos.

3.3.2 Evolución histórica

Hoy en día, la RSC se ha convertido en una estrategia aplicada por las empresas que aborda aspectos sociales, económicos y ambientales. Sin embargo, este concepto nace alrededor de la década de los 50 cuando se acuñó un enfoque principalmente filantrópico, hasta que ha ido evolucionando hasta lo que se conoce como hoy en día. A causa del aumento de la preocupación ambiental, muchas empresas se han visto obligadas a adoptar medidas y políticas de RSC como la reducción de residuos plásticos y el desarrollo de productos fácilmente reciclables (Carroll & Shabana, 2010).

4 La Economía Circular

En este apartado se ponen las bases por las que se rige la investigación que se lleva a cabo en este estudio, la economía circular. Se presentará dicho concepto y se comentarán los beneficios y los retos que implica.

4.1 Conceptos y Principios de la Economía Circular

La economía circular nace como un modelo económico con el objetivo de transformar la manera en que se producen y gestionan los bienes y servicios. A diferencia del modelo lineal tradicional, el cual aboga por un esquema de “tomar, hacer, desechar”, la economía circular defiende un sistema más sostenible

donde se apuesta por la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales para que puedan disponer de más de un solo uso. El primer principio clave de la economía circular es la eliminación de residuos y contaminación desde el diseño. Dicho esto se pretende que los productos sean creados de manera que desde la etapa de diseño se facilite su reparación y su futura reutilización y reciclaje. En segundo lugar, mantener productos y materiales en uso es otro de los principios clave de la economía circular, tratando de prolongar la vida útil de los productos a través de prácticas como el mantenimiento y el reacondicionamiento. Por último, como principio clave de la economía circular se encuentra la regeneración de los sistemas naturales, lo que se consigue mediante la reducción de la explotación de recursos, fomentando el uso de energías renovables y prácticas sostenibles (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

4.2 Beneficios y Retos de la Economía Circular

El uso de la economía circular trae consigo numerosos beneficios tanto a nivel económico como ambiental. El primero de ellos es la reducción del impacto ambiental, al minimizarse la generación de residuos se disminuye la huella ecológica de las actividades industriales (Ghisellini, Cialani y Ulgiati, 2016). Otro de los beneficios es el ahorro de costes y el aumento de la eficiencia, ya que las empresas serían capaces de mejorar los procesos de producción al disponer de materiales reciclados. Por último, otro de los grandes beneficios que trae consigo la aplicación de la economía circular es la creación de nuevos empleos. Su implementación en el sector industrial aporta grandes oportunidades laborales en el ámbito de la reparación, el reciclaje y la innovación en el diseño de productos.

4.3 Aplicaciones Prácticas y Ejemplos

Son numerosos los ejemplos que hoy en día existen de implantaciones de la economía circular en diversas industrias. Por ello, muchas empresas han optado por implantar sistemas de producción donde se facilita la reutilización de

los productos. Un ejemplo de ello es el sector de la moda, donde la reutilización de textiles ha aumentado considerablemente; otro ejemplo claro aparece en la industria tecnológica con el reacondicionamiento de dispositivos electrónicos (Bocken et al., 2017).

El concepto de economía circular también ha sido adoptado e implementado por gobiernos, ejemplo de ello son las estrategias adoptadas en la ciudad de Ámsterdam donde se promueven políticas que incentivan el reciclaje y la reducción de residuos. El conjunto de todas estas medidas no solo mejora la sostenibilidad ambiental, además sirve como ejemplo de aplicación a otras ciudades a nivel global (Circle Economy, 2020).

5 La industria del plástico

Desde sus orígenes, el plástico ha sido un elemento muy importante en el desarrollo industrial de la sociedad, llegando a ser uno de los materiales más utilizados. En esta sección se centrará la atención en todo aquello que rodea al plástico, desde su aparición hasta su evolución hoy en día, pasando por el impacto ambiental que su existencia provoca, y terminando con el análisis de las normativas y regulaciones actuales que existen acerca de este material.

5.1 Historia y evolución del uso del plástico

Para empezar a hablar del plástico, es importante entender que químicamente se trata de una mezcla de polímeros, los cuales, agrupados de cierta manera, son capaces de crear un elemento resistente, versátil y de muy bajo coste. Corría el año 1907 cuando Leo Baekeland inventó la baquelita, lo que se consideraría más tarde como el primer plástico totalmente sintético sin componentes naturales. Este hito a principios del siglo XX fue el pistoletazo de salida al desarrollo y crecimiento de los materiales plásticos, ofreciendo una gran resistencia y versatilidad (Andrady & Neal, 2009).

La producción del plástico tuvo el primer auge en tiempos de la Segunda Guerra Mundial, tiempo en el que se demandaba una urgente necesidad del uso de materiales ligeros y versátiles para aplicaciones militares. Ejemplo de ello es el desarrollo del nylon, invento que se le atribuye a Wallace Carothers, quien en 1935 inventó este nuevo plástico que sirvió de gran ayuda para su uso en los paracaídas (Plastiz, 2023). Más tarde, en la década de los 50, el plástico se expandió en el mercado de consumo. Aparecieron materiales como el polietileno y el PVC, los cuales fueron comúnmente utilizados en materiales de construcción, en artículos de uso cotidiano y en envases (Thompson et al., 2009). A medida que avanzaba el siglo XX, ya por la década de los 70, el plástico se había instaurado como un símbolo de avance tecnológico y desarrollo industrial.

El principal problema que la rápida evolución del plástico ha traído consigo es el enfoque que se le ha dado. Debido a la evolución de la economía global, el uso del plástico se fue orientando hacia productos desechables, como bolsas y envases de un solo uso. Es evidente la idea de que el concepto de productos de “usar y tirar” trae consigo la aparición de numerosos residuos. Para entender la rápida evolución del plástico, a continuación se muestra un gráfico donde se puede apreciar el crecimiento de la producción de plásticos en millones de toneladas desde la década de los 50 hasta la actualidad.

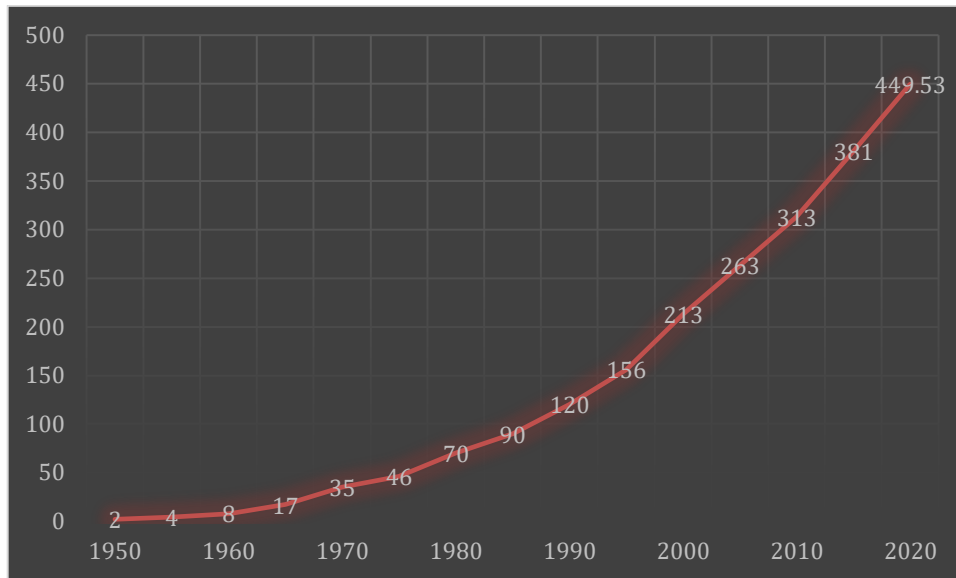


Ilustración 5: Historial de la producción global de plástico. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, la producción anual de plástico crece a ritmos alarmantes, lo que realmente no supone un problema, el verdadero problema es la cantidad de residuos que se generan. La necesidad de imponer prácticas relacionadas con la economía circular en este sector es urgente, ya que la enorme cantidad de residuos generada provoca serios impactos ambientales.

5.2 Impacto Ambiental del plástico

El siglo XXI podría denominarse el siglo donde se deben afrontar importantes desafíos. Uno de los más importantes sin ninguna duda es el impacto ambiental provocado por el plástico. El porqué de la importancia de afrontar este desafío se entiende fácilmente con un solo dato; aproximadamente el 79% de los plásticos producidos termina en vertederos o en el medio ambiente, lo que conduce a una alarmante contaminación terrestre y marina (Geyer et al., 2017).

Anteriormente se había presentado el dato de que en el año 2020 se habían llegado a producir alrededor de 450 millones de toneladas de plástico a nivel mundial. Llegando a hacer una regla de tres sencilla, se llega a la conclusión de que en 2020 se generaron un total de 355,5 millones de toneladas de residuos

plásticos (450*0,79). Muchos de esos residuos plásticos generados acaban en el mar, donde la contaminación plástica supone hoy en día el mayor problema al que se enfrentan nuestros océanos y nuestros mares, llegando a cambiar drásticamente algunos ecosistemas.

Ejemplo de ello es lo que se conoce como la “Isla de Plástico”, una de las mayores acumulaciones de residuos plásticos más grandes del mundo. Debido a la corrientes oceánicas, esta isla se ha originado en el Océano Pacífico, entre California y Hawái, y su tamaño no deja de aumentar año tras año. Además existen también otras cuatro zonas situadas en nuestros océanos donde también se genera una acumulación de residuos plásticos como bien se muestra a continuación:

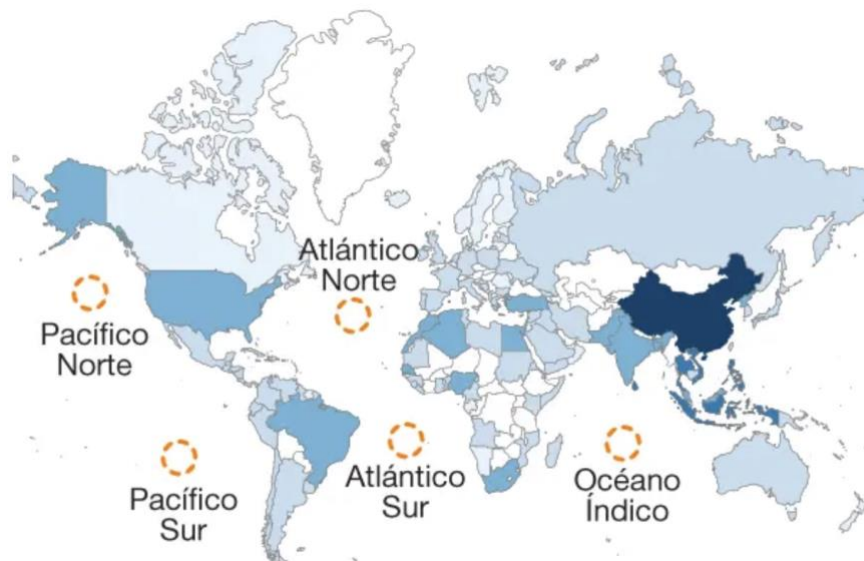


Ilustración 6: Acumulaciones de plástico en los océanos Fuente: BBC News, 2024.

Estudios realizados sitúan el tamaño de la isla de plástico situada entre California y Hawái en aproximadamente 1,6 millones de kilómetros cuadrados, más de tres veces el tamaño de España (Lebreton et al., 2018). Sin embargo, el verdadero problema va más allá de lo que observa en la superficie. Una gran proporción del plástico se está fragmentando en microplásticos y dispersándose en diferentes capas de la columna de agua (Cózar et al., 2014).

Este concepto de microplásticos (partículas de plástico menores de 5 mm) supone una seria amenaza para la salud de los seres vivos. Animales marinos como peces, tortugas y aves a menudo confunden estos plásticos con alimentos, lo que les ocasiona lesiones internas importantes, además de intoxicaciones, o incluso en numerosas situaciones, la muerte. No solo es un peligro para la fauna marina, también lo es para nosotros. Hay casos reales donde se han encontrado residuos de microplásticos en productos alimenticios, en el aire, o incluso en el agua potable, lo que sugiere un impacto en nuestra salud que se debe tener en cuenta (Jambeck et al., 2015).

Existe otro impacto ambiental que provoca el plástico, y es la emisión de gases de efecto invernadero. La producción y la eliminación de plástico a través de su quema generan serios problemas ambientales. En concreto, un estudio realizado en 2019 estimó que ese año la producción y quema de plástico contribuyeron en aproximadamente 850 millones de toneladas métricas de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera (CIEL, 2019). Estos gases de efecto invernadero contribuyen directamente al cambio climático, lo que provoca un aumento de la temperatura global y efectos perjudiciales para los ecosistemas y la salud humana.

5.3 Normativas y regulaciones actuales sobre el uso del plástico

Desde hace ya unos años, muchas son las organizaciones y gobiernos que han decidido hacerle frente al problema que supone el continuo aumento de los residuos plásticos. Para evitar este aumento, muchas de las acciones que se están tomando juegan en contra del uso de plásticos de un solo uso. La Unión Europea siempre ha actuado como pionera a nivel global en muchos aspectos relacionados con la sostenibilidad y el medio ambiente, entre los que destaca la Directiva que se aprobó en 2019, donde se decidió hacerles frente a los plásticos de un solo uso con el objetivo de apoyar prácticas en lo relativo a la economía circular.

En 2019 se aprobó la Directiva 2019/904, donde la Unión Europea decidió dar un paso al frente hacia la reducción de los desechos plásticos y la protección del medio ambiente. El núcleo de la Directiva reside en la prohibición de la venta y distribución de productos plásticos de un solo uso para los cuales existan alternativas viables y más sostenibles en el mercado. Entre estos productos se encuentran pajitas, cubiertos, platos, bastoncillos de algodón... (European Commission, 2019). Sin duda alguna, la Unión Europea había dado un paso al frente con la valentía de afrontar los problemas ambientales radicalmente.

Otros de los puntos clave que se abordó en la Directiva es lo que se conoce como principio de responsabilidad ampliada del productor (RAP). Mediante este principio se responsabiliza a los fabricantes de plásticos y las empresas relacionadas con esta industria a asumir la responsabilidad acerca de los residuos generados por sus productos. El objetivo principal de esta política era fomentar que las empresas se esforzasen por diseñar productos más sostenibles mejorando su reciclabilidad. Para ello, la Directiva obligaba a las empresas productoras a asumir los costes asociados a la limpieza, recogida y tratamiento de los residuos plásticos generados.

Por otra parte, se establecieron una serie de objetivos para aumentar la tasa de reciclaje. Se fijó el objetivo de que los estados miembros de la Unión Europea recogiesen para 2029 el 90% de las botellas de plástico puestas en el mercado, y que solo el 10% fuesen residuos. Asimismo, se estableció que las botellas de plástico estuviesen fabricadas con al menos un 25% de material reciclado para 2025 y un 30% para 2030 (European Commission, 2019).

El repertorio de medidas aprobadas por la Directiva de la Unión Europea de 2019 supuso un cambio de rumbo en la lucha contra los desechos plásticos, situándose como un punto de referencia mundial para que otras instituciones y gobiernos tomen medidas similares. Este movimiento valiente y necesario no solo presenta un impacto significativo en términos de reducir la contaminación de los ecosistemas naturales, la verdadera clave es que supone un cambio de pensamiento en la conciencia pública acerca de la necesidad de abolir aquellos productos que supongan un serio problema para el futuro de nuestro planeta.

En el año 2019, la Unión Europea dio un paso al frente para abordar un gran problema, sin embargo, la regulación del uso del plástico no se trata de un fenómeno reciente. Esta práctica ha ido evolucionando a lo largo de los últimos años para hacerle frente al problema del aumento de la contaminación y de residuos generados. A continuación, se muestra un gráfico para que se pueda entender mejor la evolución histórica sobre los hitos importantes y acuerdos que se han llegado a elaborar sobre este asunto:

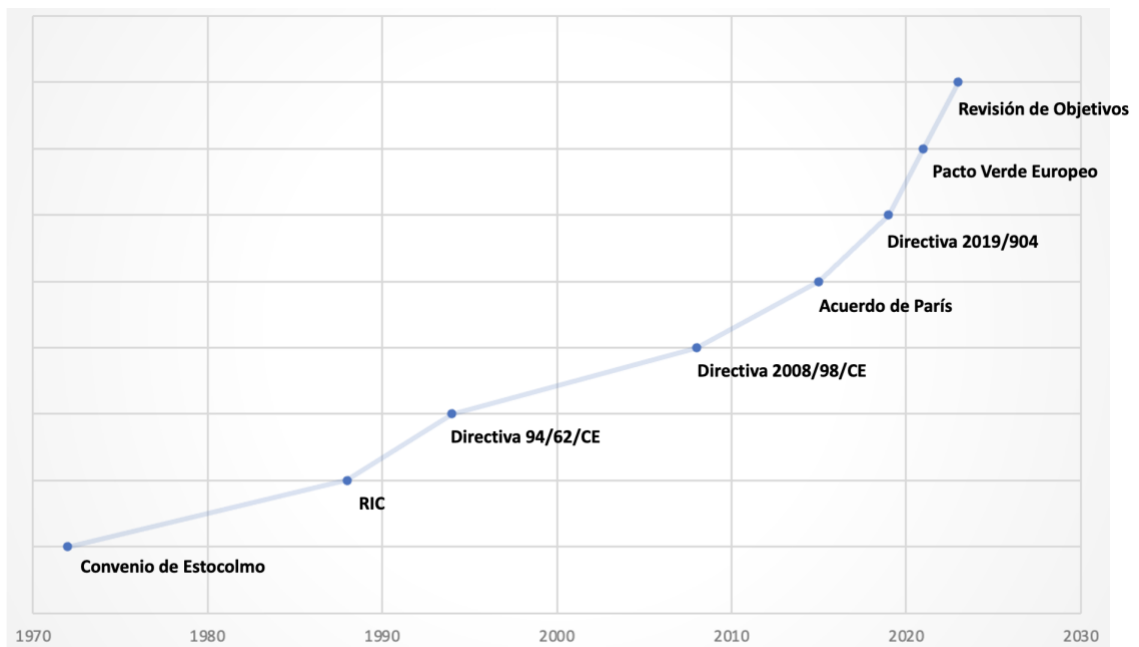


Ilustración 7: Evolución de las Normativas sobre el Uso del Plástico. Fuente: Elaboración propia, 2024.

En el año 1972 se estableció el Convenio de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano, y es considerado uno de los primeros acuerdos internacionales sobre el medio ambiente. Se trata de la primera vez que se acentuó la necesidad de reducir el impacto ambiental de los desechos industriales y urbanos, además de abordarse la situación global en cuanto a la contaminación, sobre todo la plástica (United Nations, 1972).

Años más tarde tuvo lugar un hito muy importante. En 1988 se establecieron los Códigos de Reciclaje de Plásticos. Fueron introducidos por la Society of the Plastics Industry (SPI) en Estados Unidos, donde se implantaron los códigos de

identificación de resina (Resin Identification Codes, RIC) que permitieron a numerosas empresas y gobiernos clasificar los plásticos para facilitar su reciclaje. Gracias a este avance, el sistema fue adoptado de manera progresiva en Europa y otros países (SPI, 1998).

Avanzada la década de los 90, la Unión europea llevó a cabo las primeras regulaciones sobre envases de plásticos. En 1994 se estableció la Directiva 94/62/CE sobre envases y residuos de envases para afrontar la reducción ambiental de los envases de plástico. El objetivo era establecer metas de recuperación para los estados miembros a través de la prevención de residuos, fomentando el reciclaje y la reutilización (European Commission, 1994).

Tras unos años donde se amplió la concienciación social sobre el problema del plástico, en 2008 la Unión Europea estableció la Directiva 2008/98/CE sobre residuos. Se definió una jerarquía de residuos, abogando por la no eliminación de estos y apostando por su reutilización y reciclaje. Este hito se consagró como un marco clave para la economía circular, afectando a la gestión de los residuos plásticos (European Commission, 2008).

En el año 2015 tuvo lugar el Acuerdo de París, una cita global muy importante donde el objetivo de este era abordar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se pusieron los focos en el diseño de productos más ecológicos y en la gestión más eficiente de los plásticos (UNFCCC, 2015).

Cuatro años más tarde, en 2019, tuvo lugar la conclusión de la Directiva 2019/904, la cual ya ha sido presentada anteriormente y gracias a la cual se estableció un antes y un después en la búsqueda de un futuro más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. A partir de esta Directiva, la Unión Europea siguió trabajando aún más en su empeño por luchar por un mundo mejor, pues en 2021 se llevó a cabo el Pacto Verde Europeo. Este Pacto marcó una hoja de ruta hacia la neutralidad climática en 2050, donde el uso responsable del plástico juega un papel crucial. Además, se incluyó la Estrategia para los Plásticos en una Economía Circular, objeto por el cual se lograría mejorar el reciclaje y la reducción de residuos plásticos (European Commission, 2021).

Por último, en 2023 se llevó a cabo una revisión acerca de los objetivos de reciclaje en la Unión Europea, donde se fijaron metas más ambiciosas para el reciclaje de envases plásticos y la integración de material reciclado en nuevos productos (European Commission, 2023).

6 Aplicación de la Economía Circular en la Industria del Plástico

El objetivo claro de la economía circular es promover una serie de prácticas en cuanto al uso y gestión de los plásticos de la mano de la sostenibilidad, el reciclaje y la reutilización. Este cambio hacia una industria del plástico con prácticas circulares es crucial pues el plástico es uno de los materiales más utilizados en la economía global, además de ser uno de los que más impacto conlleva sobre el medio ambiente debido a su baja biodegradabilidad.

6.1 Diseño de Productos Sostenibles

El diseño de productos sostenibles en lo relativo a la industria del plástico se centra en la creación de productos más duraderos, fáciles de reciclar y fabricados con materiales reciclados. Para ello, se pone en cuestión el ciclo de vida completo del producto, desde la fase de diseño hasta el momento en el que deja de usarse, priorizando los materiales que permitan múltiples ciclos de uso. En lo relativo a este asunto, aparece el término de la eco-concepción. Se trata de un enfoque clave que tiene en cuenta el impacto ambiental que tiene un producto desde su concepción hasta su desmantelamiento, tratando de reducir el uso de materiales vírgenes, empleando alternativas biodegradables o recicladas y simplificando el diseño para que en un futuro sea más fácil la separación de componentes y su posterior reciclaje (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Una de las iniciativas más importantes respecto a este asunto es lo que se conoce como “Cradle to Cradle”, (de la cuna a la cuna). Esta iniciativa asegura que los productos puedan ser desmantelados fácilmente para su posterior reutilización en distintos ciclos de producción sin perder calidad

(McDonough & Braungart, 2002). A diferencia de los ecologistas tradicionales, este enfoque no aboga por la reducción del consumo, sino que aspira a promover un nuevo movimiento donde los productos utilizados en las distintas industrias se puedan reutilizar.

Un claro ejemplo acerca del diseño de productos sostenibles empleados es la iniciativa que tuvo la empresa LEGO. En 2018, tuvo la brillante idea de introducir piezas hechas de bioplásticos derivados de la caña de azúcar. Esta aplicación es una alternativa sostenible al uso de plásticos basados en combustibles fósiles. El verdadero éxito es que las piezas mantienen la misma calidad y durabilidad, pero con un menor impacto ambiental. Esta iniciativa se encuentra dentro del compromiso que la empresa LEGO se marcó para que a partir de 2030 todos los productos y envases que fabrique sean a partir de materiales sostenibles (LEGO Group, 2018)

6.2 Procesos de Producción Circular

Para llevar a cabo una transición hacia procesos de producción circular se han de adoptar una serie de métodos para minimizar el desperdicio y maximizar la eficiencia en el uso de recursos. Esta idea se enmarca dentro del concepto conocido como economía de ciclo cerrado, el cual fue inicialmente introducido por Walter R. Stahel en su trabajo "The Product Life Factor" (1976). Stahel es considerado uno de los padres de la Economía Circular, fue pionero en desarrollar ideas de reutilización de materiales como una estrategia para reducir los residuos y fomentar la sostenibilidad.

Gracias al avance de la ciencia se están dando pasos muy importantes en lo relativo a este asunto, empresas como BASF han implementado un sistema de reciclaje químico por el cual se logra darle una segunda vida a aquellos plásticos que previamente eran muy difíciles de reciclar. A través de un proceso químico se logra transformar esos desechos plásticos en nuevas materias primas para la producción de nuevos productos plásticos. (BASF, 2021).

6.3 Reciclaje y Reutilización de Materiales Plásticos

El concepto de economía circular no se entendería sin la aparición de sus dos pilares fundamentales: el reciclaje y la reutilización. La idea principal es la no aparición de desechos plásticos, sino que estos materiales al final de su vida útil puedan ser valiosos para la creación de nuevos productos. Existen dos tipos principales de reciclaje (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2022): El mecánico y el químico. El reciclaje químico se realiza a través de la descomposición de plásticos en sus componentes químicos básicos, lo que permite fabricar productos plásticos de alta calidad a partir de residuos complejos. Por su parte, el reciclaje mecánico consiste en triturar y fundir los plásticos para producir productos nuevos.

Son numerosos los ejemplos prácticos que hoy en día las empresas tienen en cuenta de cara a la reutilización de sus productos. En cuanto al reciclaje mecánico, la marca mundial Adidas lleva a cabo esta práctica. Colaborando con la organización ambiental Parley for the Oceans, Adidas ha creado una línea de calzado y ropa deportiva creada a partir de plásticos reciclados recogidos de océanos y playas. Para ello, estos residuos son sometidos a un proceso de reciclado mecánico donde se limpian, Trituran y convierten en hilos de poliéster, para posteriormente ser utilizados para fabricar productos deportivos de alta calidad (Adidas, 2022). En cuanto al reciclaje químico, existe una empresa denominada Aquafil que ha desarrollado un proceso por el cual crea Econyl, un nylon que se genera a partir de un proceso químico con el uso de residuos como redes de pesca o alfombras usadas (Aquafil, 2021).

6.4 Innovaciones Tecnológicas en el Reciclaje de Plástico

Las innovaciones tecnológicas que se han ido desarrollando en los últimos años han jugado un papel crucial para mejorar la eficiencia y la viabilidad del reciclaje del plástico. Una de las innovaciones más destacadas es el reciclaje químico avanzado por el cual se logra descomponer los plásticos en moléculas base. Gracias a este nuevo proceso se consigue reciclar tipos de plásticos que anteriormente eran difíciles de procesar mediante métodos tradicionales

(Ragaert et al., 2017). Un ejemplo práctico de ello es la empresa L'Oreal, la cual ha empezado a utilizar envases hechos a partir de plásticos reciclados a través de un proceso de reciclaje químico avanzado. Otro de los avances importantes que han aparecido en los últimos años es el uso de la inteligencia artificial y la visión por computadora. Se trata de un avance en tecnologías de clasificación por el cual se consigue identificar y separar una serie de plásticos en las plantas de reciclaje, de manera que se aumenta la pureza del material reciclado (Plastic Recyclers Europe, 2021).

7 Caso de Estudio

En el presente apartado se analizará un caso real de una empresa que pone en práctica iniciativas en lo relativo a la economía circular. Entendiendo que la industria objeto de estudio es la plástica, se puede entender que una de las grandes empresas a nivel mundial en cuanto a producción de plástico no es otra que Coca Cola. Para corroborar esta afirmación, es importante aportar datos provenientes de alguna organización que monitoree la producción y la gestión de los residuos plásticos por parte de las grandes corporaciones. Según el informe anual de la organización Break Free From Plastic, Coca Cola se sitúa como la marca que más plásticos ha producido del mundo durante cuatro años consecutivos, desde 2018 hasta 2021 (Break Free From Plastic, 2021). A continuación, se muestra una gráfica comparativa donde se observan las empresas que han producido una mayor cantidad de plástico en el año 2020. Como se puede observar, Coca Cola se encuentra en el número 1, con casi 3 millones de toneladas métricas de plástico producido, seguido por PepsiCo y por Nestlé.

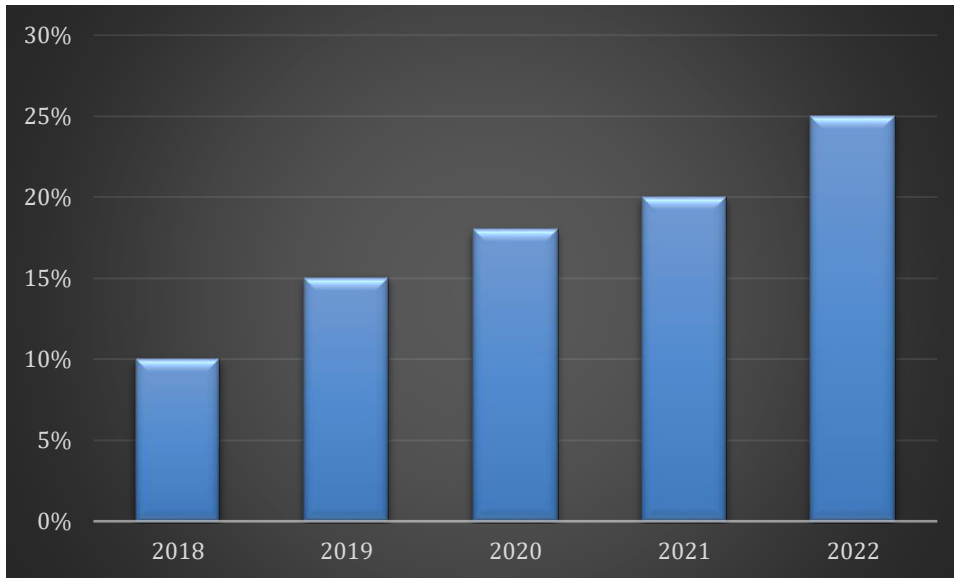


Ilustración 8: Producción de Plásticos por Empresas en 2020 en millones de toneladas métricas. Fuente: Elaboración propia a partir de información recogida de Break Free From Plastic, 2024.

Es por ello por lo que el siguiente apartado analizará a la empresa Coca Cola para observar si ha llevado a cabo prácticas de la mano de la economía circular para remediar la gran cantidad de plásticos que produce anualmente.

7.1 Coca Cola y la Economía Circular en el Plástico

A pesar de ser la empresa que más plásticos produce a nivel mundial, Coca Cola ha sido una de las empresas pioneras en abordar el problema del plástico. A través de la imposición de iniciativas en favor de la economía circular, Coca Cola ha situado este problema como parte fundamental dentro de la estrategia global de sostenibilidad de la empresa. El objetivo principal es mejorar la gestión de los residuos plásticos promoviendo un ciclo cerrado de uso de materiales.

En el año 2018, Coca Cola lanzó una de las estrategias más desafiantes sin precedentes para afrontar el problema de la sostenibilidad y de la economía circular de sus productos. La iniciativa se denominó “World Without Waste”, su objetivo principal es recolectar y reciclar el 100% de los envases que la empresa vende para el año 2030 (Coca Cola, 2021).

El área principal en el que Coca Cola ha centrado su atención es el diseño de envases más sostenibles. Generalmente, los envases de Coca Cola han

estado compuestos por un plástico conocido como PET (tereftalato de polietileno), el cual ofrece grandes ventajas en reducción de costes debido a su ligereza y durabilidad. El objetivo de la iniciativa es aumentar el uso y la producción de envases mediante plástico reutilizado (rPET). En concreto, el objetivo es que todas las botellas producidas sean 100% recicladas (Ellen MacArthur Foundation, 2021).

Otro de los áreas donde se ha puesto el foco de atención es la recolección y el reciclaje a nivel global. De cara a cumplir con el objetivo de recolectar y reciclar el equivalente a todas las botellas vendidas, Coca Cola ha establecido una serie de alianzas con ONGs, gobiernos y diversas empresas locales de reciclaje. Coca Cola ha invertido en infraestructuras de recolección y reciclaje, con especial interés en mercados emergentes donde las instalaciones de gestión de residuos son limitadas (Coca Cola, 2022). Además, se han desarrollado iniciativas de depósito y retorno en países como Alemania donde se incentiva a los consumidores a devolver las botellas usadas a cambio de una pequeña compensación económica. Gracias a estas iniciativas se ha logrado llegar a una tasa de recolección superior al 90% (Ellen MacArthur Foundation, 2021).

Por último, Coca Cola también se ha centrado en el área de la educación para concienciar sobre la importancia de fomentar prácticas en lo relativo a la economía circular. Se han lanzado campañas de concienciación pública para educar a los consumidores de la gran importancia de reciclar y de cómo estas actitudes contribuyen favorablemente a la reducción de residuos plásticos. A continuación, se muestra un ejemplo de una campaña que la empresa lanzó para concienciar a la gente de la necesidad de reciclar, llegando incluso a romper una de las normas no escritas de cualquier imagen corporativa, la de mantener siempre el logo de la empresa.



Ilustración 9: Campaña de concienciación de reciclaje de coca Cola. Fuente: MarketingNews, 2024.

7.2 Resultados y Progresos en favor de la Economía Circular

Tras el lanzamiento de la iniciativa “World Without Waste”, Coca Cola ha reportado grandes avances en lo relativo a la recolección y reciclaje de sus envases. Sin ir más lejos, en el año 2021 la empresa reportó que el 20% de los envases que producía a nivel global estaban compuestos de plástico reciclado (rPET). Además, destaca que en algunos mercados europeos la cifra ha superado el 40% (Coca Cola, 2022). A medida que avanzan los años la empresa está siendo capaz de reducir su dependencia sobre los plásticos vírgenes. A continuación, se muestra una gráfica donde se ilustra el crecimiento en porcentaje que los envases de plástico reciclado de Coca Cola han tenido a lo largo de los años a nivel global.

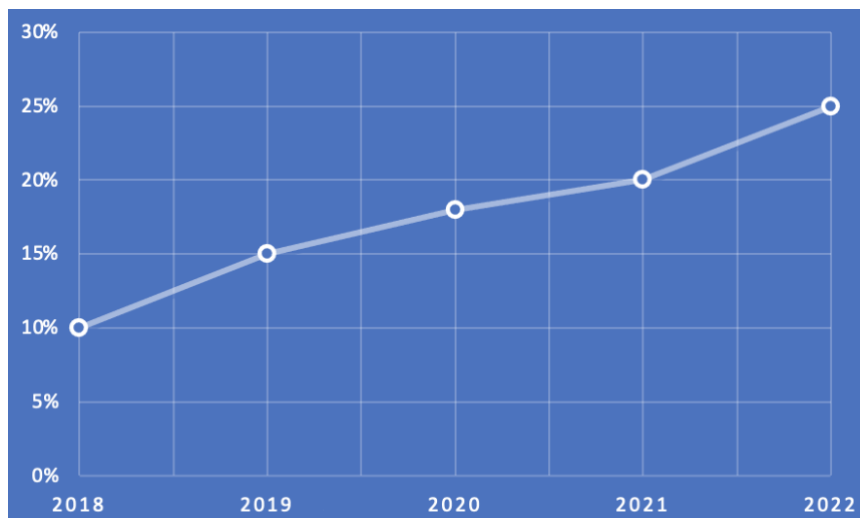


Ilustración 10: Evolución en el uso de plástico reciclado (rPET) en los envases de Coca Cola. Fuente: Elaboración propia a partir de información recogida de Coca Cola, 2024.

Como bien se observa en la gráfica, existe un aumento constante en el porcentaje de rPET utilizado, todo ello refleja el compromiso que se está llevando a cabo en favor de la sostenibilidad y el esfuerzo por reducir el uso del plástico de un solo uso para acercarnos poco a poco a un mundo donde se ponga el foco en la importancia de mantener una economía circular constante.

8 Retos en la Implementación de la Economía Circular en la Industria del Plástico

La implementación de la economía circular en la industria del plástico enfrenta desafíos considerables debido a la complejidad técnica, las barreras políticas y sociales, y los elevados costes económicos en términos de inversión inicial. Este apartado dará visibilidad para entender la complejidad de los retos a los que se enfrenta esta implementación

8.1 Dificultad para Reciclar Ciertos Productos

El término reciclar trae consigo enormes dificultades que muchas personas desconocen. Existen grandes limitaciones técnicas, especialmente en aquellos

productos que contienen mezclas de materiales o contaminantes. Entre estos productos se encuentran los plásticos multicapa (envases de alimentos que combinan varios polímeros para mejorar su funcionalidad), además de productos que contienen residuos como etiquetas, tintas o adhesivos.

A pesar del gran avance de la tecnología que está permitiendo desarrollar procesos de reciclaje químico avanzando que permiten descomponer los plásticos en sus componentes más básicos, su implementación a gran escala supone un enorme desafío. Dicho esto, tan solo el 1% de los residuos plásticos se recicla químicamente debido a los elevados costes que supone, sumado también a las limitaciones tecnológicas (Plastics Europe, 2021). Es muy importante destacar este hecho, pues el reciclaje químico tiene un potencial significativamente mayor si lo comparamos con el reciclaje mecánico. Gracias al reciclaje químico se logra convertir plásticos difíciles de reciclar (multicapa o plásticos contaminados) en monómeros puros que son capaces de ser reutilizados con la misma calidad que un plástico virgen. Además, el reciclaje químico logra eliminar la degradación del material, una notable limitación común en el reciclaje mecánico. Por último, es importante destacar el siguiente dato: el reciclaje químico podría recuperar entre el 40% y el 60% de los residuos plásticos que actualmente terminan en vertederos, demostrando ser una herramienta clave para cerrar el círculo de la economía circular (Closed Loop Partners, 2021).

Para ejemplificar la dificultad de la implementación de procesos de reciclaje químico se presentan los siguientes datos:

- En términos energéticos, el reciclaje químico de PET requiere un gasto de 4,2 MJ/kg frente a los 2.5 MJ/kg del reciclaje mecánico (Ellen MacArthur Foundation, 2020).
- En términos económicos, las instalaciones de reciclaje químico son caras de construir. Se estima que una planta de tamaño medio puede costar entre 50 y 150 millones de euros (ICIS, 2021).

8.2 Resistencia al Cambio por parte de Gobiernos, Empresas y Consumidores

Este reto es probablemente el mayor desafío al que la economía circular se enfrenta. A pesar del gran avance que se ha dado en zonas del mundo como en Europa, mucha parte de la población mundial no es aún consciente de la urgente necesidad de adoptar prácticas de reciclaje y reutilización. Muchos gobiernos y empresas priorizan el crecimiento económico a corto plazo sobre los beneficios ambientales a largo plazo.

La falta de voluntad por parte de gobiernos y empresas en favor de la sostenibilidad es evidente. Tan solo 12 países han logrado implementar políticas efectivas capaces de alcanzar los objetivos de emisiones netas cero antes de 2050 (Climate Action Tracker, 2021).

Poniendo la atención en Estados Unidos, se estima que en 2020 el 55% de los residuos plásticos generados fueron enviados a vertederos, y que menos del 10% fue reciclado. Ello evidencia la clara falta de compromiso en políticas de reciclaje (EPA, 2021).

En lo relativo a la concienciación pública, el 47% de las personas encuestadas en países de desarrollo consideraba que el reciclaje no era una prioridad debido a la falta de infraestructura y conocimiento (Ipsos, 2022).

8.3 Reto Económico

Otro de los grandes retos a los que se enfrenta la economía circular es el económico. Una transición hacia una economía completamente circular requiere de inversiones iniciales altamente costosas. Ello provoca un gran impedimento en la mayoría de las empresas a emprender prácticas en favor de la sostenibilidad y la reutilización.

Uno de los aspectos concretos que engloba esa inversión inicial sería la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D). Se ha estimado que las empresas deberían invertir entre el 5% y el 10% de sus ingresos totales anuales para desarrollar productos sostenibles (McKinsey, 2020). Ello supone un gran esfuerzo por parte de las empresas el cual no están tomando en la mayoría de las situaciones.

Por otra parte, hoy en día, en la mayoría de los casos es más costosa la fabricación de plásticos reciclados que la producción de plásticos vírgenes. Ello se debe al precio relativamente bajo de los combustibles fósiles necesarios para la fabricación de estos.

Se estima que el coste de producción de plásticos reciclados oscila entre un 20% y un 50% más alto que los vírgenes (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

9 Oportunidades y Beneficios

A pesar de los grandes desafíos que supone la transición hacia la economía circular en la industria del plástico, aparecen grandes oportunidades y beneficios que pueden ser clave para su éxito en un futuro cercano.

9.1 Aspectos sociales

Es fundamental la educación y la concienciación global de manera que se fomente una adopción más rápida y efectiva de las prácticas de la economía circular. De ese modo se logrará un cambio de comportamiento tanto en consumidores como en empresas.

Un claro ejemplo de éxito son las campañas educativas en países como Suecia y Alemania donde se han llegado a incrementar las tasas de reciclaje de plásticos a más del 50% (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

Además, un aumento considerable en la concienciación pública puede reducir el desperdicio plástico hasta en un 30% al aumentar la participación en programas de reciclaje y reducir el consumo de productos plásticos desechables (World Bank, 2021).

Existe otro gran beneficio social que trae de la mano el cambio hacia un futuro más sostenible, la creación de empleo. La economía circular tiene un impacto positivo al generar empleos en sectores relacionados con el reciclaje, la reutilización y la innovación en materiales sostenibles. Se podrían llegar a generar hasta 6 millones de empleos en todo el mundo para 2030 si

emprendemos una transición hacia una economía circular (Foro Económico Mundial, 2020).

Por último, otro gran beneficio es la mejora en la calidad de vida de las personas, y más en concreto, la mejora de la salud pública. Reducir la cantidad de residuos plásticos generados afecta positivamente a la salud humana. Existen gran cantidad de microplásticos presentes en el agua, el aire y los alimentos, lo que supone un riesgo creciente para la salud. Reducir la producción y el desecho plástico mínima estas exposiciones perjudiciales para la salud de las personas (Organización Mundial de la Salud, 2019).

9.2 Aspectos económicos

Derivado del aspecto económico surge otra de las grandes oportunidades para que la economía circular se implante de manera incondicional. Los incentivos económicos se presentan como una herramienta poderosa para alentar a empresas y consumidores a adoptar prácticas sostenibles. Estos programas pueden incluir subsidios, exenciones fiscales y tarifas reducidas para actividades relacionadas con la economía circular. Un ejemplo de ello es el “Bonus-Malus” ecológico que se estableció en Francia. Se trata de un sistema de incentivos a los cuales pueden optar empresas que produzcan envases más sostenibles. En concreto, el programa ha logrado que el uso de plásticos no reciclables se reduzca en un 15% (Ministerio de Transición Ecológica de Francia, 2022).

Aplicando sistemas de incentivos se pueden llegar a lograr grandes beneficios. Los incentivos pueden reducir en un 20%-30% los costes iniciales de implementación de prácticas circulares para las empresas (McKinsey, 2020), lo que fomentaría aún más que las empresas pongan de su parte en aplicar prácticas de economía circular.

Otro de los puntos clave es el coste inicial de inversión. El apoyo financiero por parte de los gobiernos es una gran oportunidad para que numerosas empresas desarrollen prácticas sostenibles. El programa europeo Circular Economy Action Plan (2020) destinó más de 10.000 millones de euros en fondos

para apoyar proyectos de economía circular. Gracias a este apoyo se logró que más de 3.000 empresas hayan podido adoptar prácticas sostenibles, generando más de 600.000 empleos verdes (European Commission, 2022).

El verdadero beneficio económico que supone la implantación de prácticas en lo relativo a la economía circular es el ahorro a largo plazo. La economía circular puede generar un ahorro anual global de hasta 4.5 billones de dólares para 2030, impulsando la competitividad económica y reduciendo la dependencia de materias primas vírgenes (Foro Económico Mundial, 2020).

9.3 Aspectos Ambientales

Sin embargo, el gran beneficio y la verdadera razón por la cual es urgente el cambio hacia la implementación de prácticas de economía circular es el aspecto ambiental. La economía circular en la industria del plástico ofrece beneficios ambientales significativos que trascienden los desafíos iniciales de implementación.

La economía circular ayuda a reducir significativamente los residuos plásticos que contaminan los ecosistemas terrestres y marinos. Implementando prácticas de economía circular se podría llegar a reducir los residuos plásticos que llegan a los océanos en un 80% para 2040, con lo que se evitaría la entrada anual de 23 millones de toneladas de plástico al mar (Pew Charitable Trusts, 2020). Reduciendo esta contaminación plástica permitiría la recuperación de hábitats y especies clave que se ven afectadas por los residuos plásticos que se desechan a los mares.

Otro de los grandes beneficios ambientales al aplicar prácticas de economía circular es la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero asociados con la producción y la incineración de plásticos. Implementando prácticas sostenibles se podría llegar a reducir un total de 1,7 gigatoneladas de emisiones de carbono para el año 2050 (Carbon Trust, 2021).

10 Conclusiones

El presente trabajo de investigación ha permitido cumplir los objetivos planteados desde la introducción y abordar en profundidad el análisis de la economía circular aplicada a la industria del plástico, evaluando sus retos, oportunidades y beneficios.

Se estableció un marco teórico sólido donde se definieron los principios clave de la economía circular, contrastando este modelo con el concepto tradicional de economía lineal. Gracias a esto se logró introducir un fundamento conceptual para posteriormente comprender su aplicación en la industria del plástico.

Otro asunto exitosamente tratado ha sido la evaluación de datos concretos acerca de la magnitud de la contaminación causada por los residuos plásticos, así como los riesgos asociados, además de evaluar la presencia de microplásticos en ecosistemas y su impacto en la biodiversidad y la salud humana.

Asimismo, se desarrollaron ejemplos reales que ayudaron a entender cómo se están implementando las prácticas de la economía circular en la industria del plástico. Todo ello a través de casos de éxito, como los de las empresas Coca Cola y LEGO, evaluando la implementación de estrategias de diseño sostenible, reciclaje avanzado y reutilización de materiales.

Por otra parte, se ha llevado una documentación exhaustiva acerca de la existencia de retos y barreras que ponen en riesgo el desarrollo de la economía circular. Se presentaron los altos costes de inversión elevados y la falta de infraestructuras adecuadas en ciertas regiones, hallazgos que confirman las barreras clave para una transición efectiva hacia una economía circular en la industria del plástico.

De la misma manera, también se destacaron los beneficios económicos, sociales y ambientales que trae consigo la economía circular. Entre ellos se definieron la creación de empleos verdes, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la disminución de residuos plásticos en el medio ambiente.

Este Proyecto ha ido más allá, gracias a las implicaciones prácticas desarrolladas y a la utilidad de los hallazgos, pretende definirse como un apoyo conceptual para futuros estudios. La elaboración del marco conceptual y la revisión de casos prácticos pueden servir como base para investigaciones futuras sobre modelos de economía circular en otros sectores industriales. De la misma manera, los análisis presentados y los datos recopilados resaltan la importancia de investigar tecnologías avanzadas de reciclaje, con especial atención en el reciclaje químico, para poder resolver los desafíos técnicos actuales.

Es importante destacar que este Proyecto subraya y aboga por la necesidad de adoptar políticas públicas que fomenten la economía circular mediante incentivos financieros, regulación estricta y colaboración internacional. Apoyando esta idea, el estudio desarrollado presentó ejemplos reales de cómo la Unión Europea ha elaborado políticas gubernamentales que han acelerado el cambio hacia un modelo sostenible.

Aunque se ha logrado analizar en profundidad la economía circular en la industria del plástico, el trabajo se centra principalmente en ejemplos europeos y de grandes empresas, dejando espacio para futuros estudios que aborden regiones menos desarrolladas o sectores específicos dentro de la industria. Por lo tanto, es interesante la puerta que abre el presente Proyecto para futuras estudios como la evaluación del impacto económico y social del reciclaje químico a medida que se desarrollen nuevas tecnologías, o el estudio de cómo el avance de infraestructuras en países de desarrollo puede facilitar la implementación de la economía circular.

La verdadera clave del Proyecto es que los descubrimientos realizados resaltan la urgente necesidad que hay de colaboración entre gobiernos, empresas y consumidores. Este trabajo propone que los actores involucrados adopten un enfoque integral que combine regulación, incentivos y educación pública para superar las barreras actuales.

La economía circular no es solo una alternativa viable para la industria del plástico, sino también una necesidad urgente en un mundo donde la

sostenibilidad y la protección del medio ambiente son prioritarias. Aunque existen retos significativos, los beneficios sociales, económicos y ambientales de su implementación hacen que la transición hacia este modelo sea no solo posible, sino imprescindible. Gracias al estudio realizado en el Proyecto, se sientan las bases para seguir avanzando hacia una industria más sostenible, defendiendo la necesidad de llevar a cabo una acción coordinada e inmediata que garantice un futuro más próspero para el planeta y las generaciones futuras.

11 Declaración sobre el uso de Chat GPT u otras herramientas de inteligencia artificial generativa

Por la presente, yo, Luis Moreno Font, estudiante de GITI+ADE de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "Implementación de la Economía Circular en la Industria del Plástico: retos y Oportunidades" declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación.

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
3. **Estudios multidisciplinares:** Para comprender perspectivas de otras comunidades sobre temas de naturaleza multidisciplinar.
4. **Revisor:** Para recibir sugerencias sobre cómo mejorar y perfeccionar el trabajo con diferentes niveles de exigencia.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: noviembre de 2024.



Firma: _____

12 Bibliografía

- Adidas. (2022). *Parley for the Oceans: Turning Threat into Thread*.
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2022). Circular economy for plastics: Insights from the recycling sector.
- Álvarez, G. (2023). Economía circular en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible, una oportunidad para la sinergia social.
- Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management*.
- Andrady, A. L., & Neal, M. A. (2009). Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*.
- Aquafil. (2021). *Econyl - Regenerated Nylon*.
- BASF. (2021). Chemical Recycling: Turning plastic waste into new products. BASF Circular Economy Report.
- Bocken, N., Olivetti, E., Cullen, J., Potting, J., & Lifset, R. (2017). Taking the Circularity to the Next Level.
- Break Free From Plastic. (2021). *Brand Audit Report: The Top Plastic Polluters*.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our common future: Report of the World Commission on Environment and Development*. United Nations.
- Carbon Trust (2021). *Reducing Emissions through a Circular Plastics Economy*.
- Carroll, A. B. (1999). Corporate social responsibility: Evolution of a definitional construct. *Business & Society*.
- Carroll, A. B., & Shabana, K. M. (2010). The business case for corporate social responsibility: A review of concepts, research, and practice.
- Center for International Environmental Law (CIEL). (2019). Plastic & Climate: The Hidden Costs of a Plastic Planet.
- Circle Economy. (2020). The Amsterdam Circular Economy Transition.

- Climate Action Tracker (2021). *Climate Policies Worldwide*.
- Closed Loop Partners (2021). *Transitioning to a Circular System for Plastics: A Landscape of Reuse, Mechanical, and Advanced Recycling Solutions*.
- Coca-Cola Company. (2021). *World Without Waste: A Circular Economy for Plastics*.
- Coca-Cola Company. (2022). *Progress Update on World Without Waste*.
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J. I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S., ... & Duarte, C. M. (2014). *Plastic debris in the open ocean*.
- Ecoembes. (2019). *Informe de Sostenibilidad y Economía Circular*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the Circular Economy Vol. 1: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*. Ellen MacArthur Foundation.
- Ellen MacArthur Foundation (2020). *The New Plastics Economy: Rethinking the future of plastics*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2021). *New Plastics Economy Global Commitment*.
- EPA (2021). *Advancing Sustainable Materials Management: Facts and Figures Report*.
- Espaliat, M. (2019). *Economía Circular y sostenibilidad. Nuevos Enfoques para la Creación de Valor*.
- European Commission (1994). *Directive 94/62/EC on Packaging and Packaging Waste*.
- European Commission (2008). *Directive 2008/98/EC on Waste*.
- European Commission. (2019). *Directive (EU) 2019/904 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment*. Official Journal of the European Union.
- European Commission (2021). *European Green Deal*.

- European Commission (2023). Revised Recycling Targets for Plastic Waste.
- Foro Económico Mundial (2020). *The Future of Jobs Report*.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*.
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A Review on Circular Economy: The Expected Transition to a Balanced Interplay of Environmental and Economic Systems. *Journal of Cleaner Production*.
- Holland Circular Hotspot. (2020). Una Economía circular para el Plástico.
- Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*.
- KPMG. (2022). Key global trends in sustainability reporting.
- Lacy, P., & Rutqvist, J. (2015). *Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage*. Palgrave Macmillan.
- Lebreton, L. C., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2018). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature Communications*.
- LEGO Group. (2018). *Sustainable materials center: LEGO bricks made from plants*.
- McKinsey & Company (2020). *How the Circular Economy Could Save \$4.5 Trillion by 2030*.
- Ministerio de Transición Ecológica de Francia (2022). *Bonus-Malus écologique*.

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). Estrategia Española de Economía Circular: España Circular 2030. Gobierno de España.
- Organización Mundial de la Salud (2019). *Microplastics in Drinking Water*.
- Pew Charitable Trusts (2020). *Breaking the Plastic Wave*.
- PlasticsEurope. (2020). Plastics—the Facts 2019. PlasticsEurope.
- PlasticsEurope. (2021). La Economía circular de los Plásticos. Una visión europea.
- Plastic Recyclers Europe. (2021). Technological innovations in plastic recycling.
- Plastiz. (2023). Una mirada a la historia de los plásticos: desde el descubrimiento hasta la revolución moderna.
- Ragaert, K., Delva, L., & Van Geem, K. (2017). Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. *Waste Management*.
- Ritchie, H., Samborska, V., & Roser, M. (2023). Global plastics production. *Our World in Data*.
- Sachs, J. D. (2012). From Millennium Development Goals to Sustainable Development Goals.
- Sitra. (2020). Finnish Roadmap to a Circular Economy 2025.
- Society of the Plastics Industry (1988). Resin Identification Codes: History and Purpose.
- Stahel, W. R. (1976). The Product Life Factor.
- Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). Plastics, the environment, and human health: current consensus and future.
- UNFCCC (2015). The Paris Agreement.
- United Nations (1972). Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment.

- United Nations. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. United Nations.
- World Bank (2021). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*.

13 Anexos

13.1 Tabla de Fuentes Utilizadas

Fuente de Información	Motor de Búsqueda	Número de Artículos Consultados	Tipo de Documentos	Periodo de Búsqueda	Palabras Clave Utilizadas	Comentarios
Google Scholar	Google	24	Artículos académicos en revistas, informes profesionales, tesis.	2009 a 2024	"economía circular", "industrial del plástico", "reciclaje químico".	Amplia variedad de temas; artículos clave para contexto y retos técnicos.
JSTOR	JSTOR Search	12	Artículos académicos, ponencias en congresos	2010 a 2022	"circular economy", "Plastic Waste", "sustainability strategies".	Mayor relevancia para teoría conceptual y antecedentes históricos.
Base documental de la Universidad Pontificia Comillas	Buscador interno	3	TFGs, Tesis doctorales, artículos.	2017 a 2023	"industria del plástico", "impacto ambiental", "economía sostenible".	Material de referencia clave para ampliar bibliografía en capítulos concretos.
Scopus	Scopus	9	Artículos científicos, estudios de caso	2015 a 2023	"Plastic recycling challenges", "circular economy applications".	Resultados muy técnicos; útiles para identificar innovaciones recientes.
Web of science	WoS	7	Artículos académicos, informes de pacto ambiental	2013 a 2023	"recycling technology", "sustainability in Plastic industry".	Enfoque en tecnologías avanzadas y aplicaciones en casos reales.
ResearchGate	ResearchGate	8	Artículos científicos, publicaciones de autores clave	2015 a 2023	"microplastics impacts", "chemical recycling advancements".	Especialmente útil para artículos con estudios recientes y colaboraciones globales.
Dialnet	Dialnet	6	Artículos en español, Tesis y TFGs.	2010 a 2023	"economía circular en España", "regulaciones de plásticos".	Contexto local y referencias en español relevantes para normativa.

EBSCOhost	EBSCO	11	Artículos académicos, ponencias.	2010 a 2022	"Plastic Waste policies", "circular economy funding".	Útil para referencias económicas y normativas de sostenibilidad.
Our World in Data	Google	3	Informes visuales y estadísticas.	2019 a 2023	"global Plastic production", "Plastic Waste trends".	Fuentes visuales clave para gráficos de contexto.
Pew Charitable Trusts	Google	2	Informes de impacto global.	2020 a 2022	"ocean plastics", "Plastic pollution solutions".	Informes clave sobre el impacto global de residuos plásticos.

