

# Doble Grado en Administración y Dirección de Empresas y Derecho

Curso 2023/2024

## Impacto de la Inteligencia Artificial para minimizar los efectos negativos de la industria textil sobre el Medio Ambiente

**Autora:** Itsaso Álvarez Escalante

**Tutora:** Pilar Zorrilla Calvo

Bilbao, a 30 de enero de 2024



## Resumen

Este trabajo aborda la urgente necesidad de adoptar prácticas sostenibles en la industria textil, concretamente en el ámbito de la moda, dado su alto impacto medioambiental insostenible a largo plazo. El objetivo principal se centra en analizar las aplicaciones de la Inteligencia Artificial Generativa en la cadena de valor textil. Además, examina el beneficio medioambiental que las tecnologías innovadoras pueden aportar a cada fase del ciclo de vida, desde el diseño y producción hasta el consumo y fin de vida del producto textil. Los sistemas inteligentes no buscan únicamente una transformación sostenible del proceso productivo, sino lograr la concienciación de todos los actores implicados en el mismo. El Modelo de Moda Circular y transparente de las firmas adquiere un papel esencial a la hora de comunicarse con los consumidores, pues para lograr un cambio real, se requiere que los mismos tomen decisiones de consumo conscientes y comprometidas con el Medio Ambiente. El trabajo trata de enfatizar que a través de la introducción de la Inteligencia Artificial, y de sus sub-disciplinas, el *Machine Learning* y el *Deep Learning*, la industria textil puede evolucionar hacia una industria sostenible y ética, que sin dejar de lado su potencialidad económica, puede actuar en beneficio del Medio Ambiente y de la sociedad.

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial Generativa, *Machine Learning*, Cadena de Valor Textil, Sostenibilidad, Diseño Circular, Industria Textil Sostenible.

## **Abstract**

This paper addresses the urgent need to adopt sustainable practices in the textile industrie, specifically in the field of fashion, given its high unsustainable environmental impact in the long term. The main objective focuses on analyzing the applications of Generative Artificial Intelligence in the textile value chain. In addition, it examines the environmental benefit that innovative technologies can bring to each stage of the life cycle, from design and production to consumption and end-of-life of the textile product. Smart systems not only seek a sustainable transformation of the production process, but also the awareness of all the actors involved in it. The circular and transparent fashion model of the firms acquires an essential role when communicating with consumers, because in order to achieve real change, it is required that they make conscious consumption decisions committed to the environment. The paper tries to emphasize that through the introduction of Artificial Intelligence, and its sub-disciplines, Machine Learning and Deep Learning, the textile industry can evolve into a sustainable and ethical industry, which without leaving aside its economic potential, can act for the benefit of the environment and society.

**Keywords:** Generative Artificial Intelligence, Machine Learning, Textile Value Chain, Sustainability, Circular Design, Sustainable Textile Industry.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
1.1. MOTIVACIÓN DEL ESTUDIO. ....	7
1.2. OBJETIVOS.....	9
1.3. METODOLOGÍA Y ESTRUCTURA DEL TRABAJO .....	10
<b>2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA TEXTIL.....</b>	<b>13</b>
2.1. EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	13
2.2. VISIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA TEXTIL Y SU HUELLA ECOLÓGICA. ....	16
<b>3. IMPLICACIONES MEDIOAMBIENTALES EN LAS FASES DE LA CADENA DE SUMINISTRO Y CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO EN LA INDUSTRIA TEXTIL .....</b>	<b>20</b>
3.1. DISEÑO GENERATIVO Y DESARROLLO DEL PRODUCTO. MODELO DE DISEÑO CIRCULAR.....	20
3.2. ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS E INNOVACIÓN TEXTIL. ....	22
3.3. ANÁLISIS PREDICTIVO EN LA CADENA DE SUMINISTRO Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO LOGÍSTICO. ....	24
3.4. TRANSFORMANDO EL <i>RETAIL</i> CON ASISTENTES VIRTUALES Y EXPERIENCIAS INMERSIVAS SOSTENIBLES: ENFOQUE EN LA PERSONALIZACIÓN DEL MARKETING Y GENERACIÓN DE RECOMENDACIONES SOSTENIBLES. ....	27
3.5. VALOR AGREGADO EN EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE FASE DE <i>END-OF-LIFE</i> Y LUCHA CONTRA EL <i>GREENWASHING</i> .....	32
<b>4. LIMITACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA .....</b>	<b>36</b>
<b>5. ESTUDIO DE CASO: STELLA MCCARTNEY .....</b>	<b>39</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>44</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Composición de la Inteligencia Artificial y su relación con el *Machine Learning, Deep Learning y Big Data*.

**Figura 2.** La Cadena de Valor en relación con la Cadena de Suministro y el Ciclo de Vida del producto.

**Figura 3.** El espejo inteligente permite a los clientes solicitar artículos sin tener que salir del probador.

**Figura 4.** Las compañías que capturan más valor de la personalización crecen más rápido.

**Figura 5.** “AMP Neuron”. Aplicación de la Inteligencia Artificial en el proceso de reciclaje a través del reconocimiento visual y categorización de materiales.

**Figura 6.** Plataforma TrusTrace enlazada a los códigos QR de la ropa.

**Figura 7.** Empresas y startups con las que colabora Stella McCartney. De izquierda a derecha: SÖKTAS, Mylo, Protein Evolution, VEGEA, NATIVA y Veuve Clicquot.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (en adelante IA) está revolucionando todas las industrias a nivel mundial, y la textil no es una excepción. Tras su reciente implementación en el sector, todas y cada una de las fases de la Cadena de Valor Textil se han visto afectadas, desde el abastecimiento de materiales hasta la propia experiencia de compra y relación con las personas consumidoras. Por su parte, la industria textil se ha desarrollado en los últimos años bajo los parámetros de un modelo de moda ultrarrápida que fomenta un comportamiento de sobreconsumo, y con una orientación desde un punto de vista económico hacia la maximización del rendimiento económico, afectando directamente a su relación con el Medio Ambiente, que de ninguna manera es positiva.

Esta industria, la segunda más contaminante del mundo (Ikram, 2022), es responsable de grandes tragedias medioambientales, como el vertido de Gases Efecto Invernadero (en adelante GEI), el desperdicio de materiales textiles y el vertido de microplásticos en el océano, provenientes del imposible reciclaje de las prendas. En este contexto, surge una categoría de sistemas inteligentes conocida como la Inteligencia Artificial Generativa (en adelante IAG), que tiene el potencial de ser incorporada en el sector textil para generar un impacto positivo en el mismo.

A través del Reconocimiento Automático y el Aprendizaje Profundo, los sistemas son capaces de aprender de situaciones pasadas y generar respuestas innovadoras ante desafíos medioambientales. El Sistema de Economía Circular propuesto por varios autores, se encarga de cerrar el ciclo en el que las prendas nunca se convierten en desecho. Combinado con la IAG, las fases de la Cadena de Suministro y Ciclo de Vida del Producto evolucionan desde una perspectiva generativa, transformando el proceso en uno totalmente transparente y trazable para los consumidores, quienes pueden conocer el origen de sus productos textiles en todo momento.

Empleada como herramienta de aceleración y optimización, la IAG tiene el potencial de convertirse en el sistema principal de creación de las firmas, a través del diseño generativo e innovación textil. Además, cobra especial relevancia en la investigación de

nuevas fibras textiles y en la automatización de los procesos de corte y confección, con el fin de reducir al máximo la cantidad de desechos producidos. Asimismo, plantea novedosas estrategias de optimización logística y de distribución, completando el ciclo de vida textil mediante el desarrollo de nuevas técnicas de reciclaje o la aplicación de aquellas que doten a la prenda de una segunda vida. Finalmente, el rol de la IAG es esencial para dar forma y concienciar sobre los desafíos medioambientales a través de la generación de contenido, que se transforma en estrategias de *Marketing* y *Storytelling*.

A lo largo del trabajo, se examina el potencial impacto medioambiental de la industria textil tras la introducción de la IAG. Además, también se consideran posibles limitaciones o puntos débiles de la misma, aquellos que con una perspectiva hacia el futuro deberían superarse para lograr una implementación totalmente satisfactoria. Este enfoque no solo busca beneficiar económicamente a las empresas, sino también garantizar un impacto ambiental positivo.

### **1.1. Motivación del estudio.**

Actualmente la industria textil y concretamente de la moda, es uno de los motores económicos y culturales a nivel global. No obstante, se encuentra ante una problemática que requiere de urgente respuesta, siendo ésta la única que puede otorgarla, enfrentando su propia huella ecológica y transformándose en un agente positivo para el planeta. Este desafío no surge únicamente de la necesidad de cambio desde una perspectiva medioambiental, sino desde un punto de vista en el que la supervivencia a largo plazo del sector textil se encuentra en peligro.

Ante una situación en la que la industria textil se ubica como la segunda más contaminante, solo por detrás del petróleo, la urgencia de adoptar prácticas sostenibles se vuelve imperativa. Sin embargo, en este viaje hacia la sostenibilidad, la industria no está sola. La evolución tecnológica presenta herramientas muy poderosas, entre ellas una de las protagonistas del trabajo: la Inteligencia Artificial Generativa. Este sistema inteligente se presenta como una herramienta de creación autónoma y acelerada,

necesaria para lograr la transición hacia un modelo de negocio circular, sostenible y transparente.

A través de este trabajo, nos sumergimos en la problemática actual a través de un estudio de la industria y de su huella ecológica, fruto de prácticas irresponsables que orientan a las personas a tomar decisiones de compra sobre consumistas y que no otorgan valor a las prendas. Por otro lado, se analiza la Cadena de Valor Textil al detalle, así como las fases del Ciclo de Vida del Producto, que se convierten en una oportunidad para la implementación de soluciones inteligentes.

Finalmente, este trabajo es un llamado a la acción, a la innovación y a la concienciación. El estudio trata de ir más allá de la simple enumeración de aplicaciones de la IAG, señalando que, si bien la moda es un método de expresión personal, creatividad y estilo, también puede transformarse en una potente fuerza que influya positivamente en nuestro planeta.

La elección de este tema para el desarrollo de nuestro TFG no solo se explica por lo ya expuesto, sino además por una motivación personal en el objeto de estudio. A lo largo de mi vida, la industria de la moda me ha resultado de gran interés, y más allá de seguirla como mera consumidora, he sentido curiosidad por conocer el sector desde un punto de vista interno y operacional. Estos últimos años, me he dado cuenta del gran impacto medioambiental que las tendencias de compra sobreconsumistas están suponiendo, que, por el bien de nuestro planeta y el de las personas, no pueden mantenerse a largo plazo. Sin embargo, esta realidad es desconocida, así como las estrategias que desde diferentes marcas e instituciones están desarrollando para mitigar sus efectos. Además, me resulta de gran interés investigar la potencialidad que las nuevas tecnologías, en concreto la Inteligencia Artificial Generativa, pueden suponer para lograr la transición hacia una industria textil sostenible desde un punto de vista medioambiental y ético.

## 1.2. Objetivos

Con el presente trabajo se pretenden lograr los objetivos que se detallan a continuación. En primer lugar, y como objetivo principal, queremos evaluar el impacto de la implementación de la IAG en la industria textil, para minimizar sus efectos sobre el Medio Ambiente. De este modo, podremos identificar, nuevas estrategias a seguir para reducir la huella ambiental sin comprometer su competitividad como industria.

Para el logro del objetivo principal, identificaremos las fases del ciclo de vida del producto textil que, sometidas a sistemas programados mediante IAG, impactan directa o indirectamente en el Medio Ambiente.

Además, exponemos el método de economía circular textil, que empieza por a analizar las ventajas medioambientales del diseño generativo. Además, exploramos el papel activo del consumidor en la fase creativa, con el fin de medir el impacto en el ahorro de recursos inutilizados y en las etapas posteriores del ciclo de vida.

Por otra parte, valoramos las técnicas de tratamiento y generación de fibras para la consecución de textiles sostenibles, así como métodos alternativos de cultivo para el abastecimiento de recursos naturales resultantes de la aplicación de tecnologías inteligentes generativas.

A continuación, evaluamos la necesidad de realizar un análisis predictivo en la cadena, entre otras razones, para optimizar al máximo el proceso logístico y de distribución, y valoramos la posibilidad de implementar procesos de producción automatizados en la creación de prendas de calidad. Por otra parte, se analiza la fase de distribución dentro de la Cadena de Suministro y sus diferentes alternativas hacia la rebaja de emisiones de carbono procedente de los medios de transporte utilizados en el reparto de mercancías.

Dentro de las últimas etapas, debemos valorar la capacidad de la customización y *virtual try-on's* en tiendas físicas y *online*, que junto con las experiencias inmersivas y las recomendaciones personalizadas, tratan de conseguir una concienciación del público, que derive a alteración en los patrones de consumo. Asimismo, determinamos la posible

aplicación de la IAG en la post vida de los productos textiles, resaltando la necesidad de contar con un sistema interconectado de información, que permita que la prenda pueda ser trazable desde su origen. Adicionalmente, valoramos los métodos de reciclaje alternativos, el control de las prácticas engañosas de *Greenwashing*<sup>1</sup> y el papel del Pasaporte Digital del Producto para evolucionar hacia un proceso de economía circular.

Finalmente debemos señalar aquellos obstáculos y desafíos que impiden la total implantación de la IA en la industria textil, y tratamos de conectar el estudio con la realidad a través del caso práctico de Stella McCartney.

### **1.3. Metodología y estructura del trabajo**

Para el desarrollo del presente trabajo, hemos empleado una metodología analítico-sintética, estudiando las diferentes partes o elementos del tema objeto de estudio para, finalmente, relacionar todas ellas y derivar en una síntesis y conclusiones.

Para ello, hemos procedido a realizar una revisión bibliográfica que abarca una variedad de fuentes, incluyendo artículos científicos, libros, noticias en línea, reportes anuales y páginas web de organizaciones internacionales. Todos los recursos provienen de diferentes fuentes en línea, localizadas a través de *Google Scholar*, con el fin de garantizar la veracidad y calidad de la información.

Entre las fuentes consultadas se encuentran bases de datos científicas y bibliotecas *online*, como *Researchgate* o *ArXiv*. Por otra parte, hemos acudido a periódicos y a organizaciones y empresas internacionales relevantes como *Forbes* o *The Business of Fashion*, que abordan la problemática a través de noticias y artículos en línea. Además, destaca la información procedente de *McKinsey & Co*, pues cada año realiza un informe detallado de la situación de la industria de ese periodo y prevé el escenario del siguiente. Como fuente de información más reciente se encuentra "*The State of Fashion 2024*".

---

<sup>1</sup> Greenwashing: "Comunicación que sugiere que una empresa o sus productos son respetuosos con el Medio Ambiente de forma engañosa, exagerada o que no se refleja en las prácticas empresariales generales." (Balchandani et al., 2023)

Además, y para considerar una dimensión aplicada, hemos utilizado el estudio de caso, una metodología de investigación cualitativa, lo que nos ha permitido conocer, a partir del análisis de un caso concreto, el de la empresa “*Stella McCartney*”, la implementación de la IAG en el ámbito de la moda.

Para la redacción del estudio de caso “*Stella McCartney*” hemos utilizado como primera fuente informativa la página web de la empresa. Debido a que su política de transparencia es radical, toda la información se encuentra en la misma, desde la historia de la firma, sus acciones actuales y el futuro sostenible al que aspira. En segundo lugar, hemos consultado artículos de revistas en línea, concretamente del sector de la moda, puesto que la práctica se aleja del carácter científico o institucional que encontramos en el resto del trabajo.

Finalmente, se han revisado reportes e informes anuales de instituciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas, el Parlamento Europeo o la Fundación Ellen MacArthur. Estas instituciones ofrecen planes de acción sostenibles con información valiosa y de calidad para la redacción del presente trabajo.

Dada la creciente preocupación por la sostenibilidad del planeta y el auge actual de la IA, no es de gran dificultad obtener información sobre estos temas por separado. Sin embargo, se evidencia que no son muchos los autores y organizaciones que abordan la problemática del impacto de la industria textil en el Medio Ambiente. Son escasas además, aquellas que estudian su posible mejora a través de la IA. Por ello, la bibliografía a revisar, salvo en alguna excepción, sucede al año 2020.

Puesto que la información proviene en su mayoría, por no decir en su totalidad, del ámbito internacional, los documentos se encuentran redactados en inglés y son traducidos al español al elaborar el trabajo.

Para su búsqueda se introducen los términos (traducidos al español): Inteligencia Artificial, Inteligencia Artificial Generativa, Aprendizaje Autónomo, Aprendizaje Profundo, Sostenibilidad, Medio Ambiente, Industria Textil, Industria de la Moda,

Modelo de Economía Circular, Cadena de Valor Textil, Diseño Circular, Reciclaje, Previsión de Demanda, Personalización Textil, Automatización y Robótica, Realidad Virtual, Realidad Aumentada,...

En cuanto a la estructura del trabajo, este consta de un total de 7 epígrafes, incluida la bibliografía. El trabajo comienza, en un primer apartado, por plantear la motivación, los objetivos y la metodología del estudio realizado. En el segundo epígrafe se analiza la evolución de la IAG, y posteriormente ofrece una perspectiva general de la industria textil, focalizando su impacto negativo en el Medio Ambiente.

Seguidamente, en el tercer epígrafe se examinan las ventajas derivadas de la implementación de la IAG en cada fase del ciclo de vida del producto textil. Este título se divide a su vez en cinco sub apartados, empezando por la primera fase de diseño generativo para el desarrollo del producto. El siguiente sub apartado trata el abastecimiento de materias primas e innovación textil, para seguir con el tercero sobre el proceso optimizado de logística y la necesidad del análisis predictivo para anticipar la demanda. En cuarto lugar, se analizan las experiencias inmersivas sostenibles en la fase de *Retail*, así como el papel de la customización en las estrategias de *Marketing*. Para terminar con este gran epígrafe, la fase final *End-of-life*, enfatiza la importancia de dotar de valor agregado a los productos textiles, con el fin de cerrar el modelo de diseño circular.

A continuación, en el cuarto apartado se analizan los límites y obstáculos que enfrenta la IAG en la consecución de su objetivo medioambiental, pues en contra de las suposiciones, no todos los aspectos son beneficiosos.

Para acercar la teoría a la realidad, en el epígrafe número cinco se estudia el caso de Stella McCartney, diseñadora de moda de lujo y pionera en la industria por su compromiso con la transformación de la misma a través de sus valores medioambientales y éticos. La innovación tecnológica es esencial en su marca, pues es el origen de los textiles y fibras a utilizar en sus colecciones, siendo alternativas totalmente veganas que diferencian sus diseños del resto de la industria. Además de

colaborar con startups, Stella realiza grandes inversiones en innovación, y propone técnicas de reciclaje inteligente y cuidado de las prendas. De esta manera, se estudia la implementación de los valores de la diseñadora en la industria de la moda, para conseguir una más ética y sostenible.

El sexto título concluye con las observaciones derivadas del presente trabajo, evaluando la posibilidad de que la IAG pueda tener un impacto positivo en el Medio Ambiente a través de la Cadena de Valor Textil. Finalmente, el apartado séptimo recoge la lista de referencias utilizadas para la redacción del estudio.

## **2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA TEXTIL**

### **2.1. Evolución del concepto de Inteligencia Artificial**

La frecuencia con la que a día de hoy escuchamos el término "Inteligencia Artificial" en nuestra vida cotidiana, puede llevarnos a pensar que es un concepto recientemente descubierto. Sin embargo, su origen se remonta a la conferencia de Dartmouth del año 1956, cuando John McCarthy, famoso informático estadounidense, empleó por primera vez el término para hacer referencia a la posibilidad de que las máquinas pudieran exhibir comportamientos humanos.

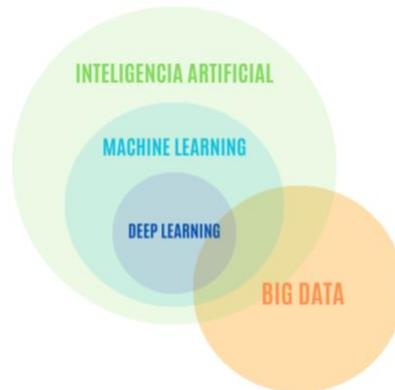
Si bien existen cientos de conceptos posibles para definir la Inteligencia Artificial, podemos concluir que es el conjunto de habilidades que permiten a los sistemas tecnológicos razonar, actuar y relacionarse con el mundo como lo harían los seres humanos (Parlamento Europeo, 2020; Hansen & Bøgh, 2021, como se citó en Akram et al., 2022). A través de ella, los sistemas evalúan comportamientos pasados y responden mediante acciones autónomas y razonadas a nuevos escenarios planteados. Los asistentes personales virtuales como Siri y Alexa son el claro ejemplo de su aplicación que, a través de sistemas de reconocimiento de voz e imagen, son capaces de elaborar respuestas personalizadas para nosotros.

Por otra parte, debemos distinguirla de otros conceptos ampliamente conocidos, que si bien están relacionados en cierta medida, no son iguales. En primer lugar, el Aprendizaje Automático (AA) (o *Machine Learning* en inglés (ML)) se considera una aplicación de la IA; donde los dispositivos tecnológicos pueden modificar su comportamiento de manera autónoma sin necesidad de intervención humana (Gómez, 2022; «What is Machine Learning?», s. f.). Tal y como menciona Gómez (2022) una de sus aplicaciones se refleja en las plataformas de contenido bajo demanda, donde los consumidores reciben nuevas recomendaciones en base a sus gustos y visualizaciones pasadas.

En segundo lugar, encontramos el Aprendizaje Profundo (AP) (o *Deep Learning* (DL)). Se trata de una subdisciplina del *Machine Learning* que hace uso de redes neuronales para comprender patrones complejos en grandes masas de datos (Bain, 2023; Google Cloud, s. f.). Al referirnos a una técnica más avanzada, sus aplicaciones también adquieren un nivel de complejidad superior. Esto se debe a que operan sobre conjuntos de datos más extensos, permitiendo abordar simultáneamente múltiples tareas complejas. Otro ejemplo propuesto por Gómez (2022) es su aplicación en la conducción autónoma, donde el sistema es capaz de reconocer patrones de conducción, identificar señales y evaluar rutas en tiempo real para reaccionar de manera óptima a las condiciones cambiantes del entorno.

La IA y sus aplicaciones son las herramientas mediante las cuales podremos extraer patrones de comportamiento del *Big Data* (BD), definida por Alwan y Ku-Mahamud (2020) como una gran base de datos que no puede ser manejada mediante sistemas tradicionales de análisis de datos. Teniendo en cuenta que en un minuto se postean más de 64.000 imágenes en Instagram, se realizan alrededor de 5,5 millones de búsquedas en Google y se envían más de 180 millones de emails (*Big Data. The basics of what it is and why it matters*, 2023), se requiere por parte de las industrias contar con potentes tecnologías que puedan extraer conclusiones y aplicarlas en sus respectivas estrategias de negocio, papel que realiza la IA y sus subdisciplinas.

**Figura 1.** Composición de la Inteligencia Artificial y su relación con el *Machine Learning*, *Deep Learning* y *Big Data*



**Fuente.** Elaboración propia

Dada la lentitud en el desarrollo tecnológico y la gran necesidad de acceso a la información, la tecnología artificial ha sufrido un crecimiento paulatino pero exponencial en las últimas décadas. Los sistemas tradicionales de IA requieren de una programación manual, en la que los expertos introducen algoritmos predeterminados y actúan mediante el reconocimiento de patrones preexistentes (Marr, 2023). Dada su gran necesidad de intervención humana, únicamente son capaces de actuar y dar respuestas adecuadas en determinadas situaciones, teniendo grandes limitaciones a la hora de manejar escenarios imprevistos y complejos.

Consecuentemente, surge una nueva generación conocida como la Inteligencia Artificial Generativa. En la redacción de su artículo para el *World Economic Forum*, Routley (2023) junto con Bain (2023) y Harreis et al. (2023), la define como una categoría de la IA que mediante algoritmos, es capaz de recoger y procesar información no estructurada, y generar patrones que crean respuestas innovadoras y personalizadas dependiendo del escenario planteado.

Por su parte, Marr (2023) destaca que ambas formas de IA no son excluyentes entre sí, sino que pueden trabajar complementariamente, adaptándose a la fase productiva específica en la que se requieran, como veremos a lo largo del trabajo, para estudiar su posible impacto a través de la industria textil en el Medio Ambiente.

## 2.2. Visión general de la industria textil y su huella ecológica.

En la industria textil del siglo XXI, en concreto en la moda, prevalece el modelo conocido como *Fast Fashion* o moda rápida. Este modelo se fundamenta en el consumo excesivo, la baja calidad de los productos, los precios bajos, la inmediatez y la constante renovación (*Slow Fashion Next*, s. f. ). Se abandona la tradicional estructura de colecciones estacionales, para adoptar un escenario en el cual las marcas lanzan nuevas colecciones cada dos semanas, según datos de la Universidad Internacional de la Rioja (UNIR, 2022). No obstante, esta tendencia ultra rápida, definida por el reporte *The State of Fashion 2024* como “La tercera generación del *Fast Fashion*” (Balchandani et al., 2023), no va más que a experimentar un crecimiento el próximo año. Si bien tendrá ciertos obstáculos creados por la nueva regulación sostenible, las técnicas de *engagement* y la lealtad del consumidor serán la clave para su éxito. En otras palabras, el reporte concluye con que de cara a 2024 “los líderes de la moda están anticipando mayores desafíos y tienen incertidumbre sobre las perspectivas para el próximo año”.

A pesar del escenario incierto, la industria de la moda es una de las más rentables a nivel mundial, pues partiendo de la industria textil, ésta va más allá de la simple fabricación de materiales, siendo la responsable de dotar de vida a las prendas a través de las fases de diseño, de fabricación y de comercialización de las mismas. No obstante, esta predominancia supone también conocer la existencia de su cara “B”. Esto se refleja especialmente a través de sus consecuencias negativas en el Medio Ambiente, entre ellas el impacto en la huella de carbono a nivel global, en el clima, en el suministro de agua dulce, en la contaminación química y en la pérdida de biodiversidad. El Programa Medioambiental de la Unión Europea (PMUE) en su reporte “Sostenibilidad y circularidad en la Cadena de Valor Textil: hoja de ruta mundial” (2023) estima que la Cadena de Valor Textil es responsable de entre un 2% y un 8% de emisiones globales de gases de efecto invernadero. Por su parte, la *Global Fashion Agenda* y *McKinsey & Co* (Harreis et al., 2023) aproximan esa cifra a un 4%. Además, amplían su responsabilidad a ser la causante de desechar anualmente más de 92 millones de toneladas de tela, poniendo también en peligro la salud del ecosistema y de los océanos, con el vertido de tóxicos y microplásticos.

Este impacto se extiende a aspectos sociales y éticos, afectando a los derechos laborales, la igualdad de género y la problemática de la explotación infantil. Es por ello que, cuando nos referimos al concepto de sostenibilidad implicamos también al comercio justo, a las prácticas éticas, a las condiciones laborales dignas, y al respeto por los Derechos Humanos (Rathore, 2019a).

“No hay tiempo para la inactividad” (Balchandani et al., 2023) es por ello que grandes instituciones y empresas están intentando abordar la problemática mediante planes de acción urgentes. El objetivo principal de las diferentes industrias es el recogido en el Acuerdo de París (2015), que supone limitar el calentamiento global a 1,5 grados en 2030. Teniendo que rebajar las emisiones de GEI en un 43% antes de 2025. Para ello, 411 firmas de la industria textil, calzado y bienes de lujo (de las cuales 150 son europeas) han adoptado o se han comprometido públicamente a adoptar medidas para la consecución de los “Objetivos basados en la ciencia” o “*Science Based Targets*” (*Companies taking action - science based targets*, 2023).

En 2015 se adoptaron los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (Organización de las Naciones Unidas, 2015) y año a año, existen organismos como el Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático que se encargan de realizar evaluaciones integrales de la situación y el Medio Ambiente, sus causas, consecuencias y respuestas estratégicas.

El informe *The State of Fashion 2024* (Balchandani et al., 2023) se posiciona como la fuente más precisa para prever el escenario futuro de la industria textil. En su publicación, destaca que, de cara al año 2024, las empresas del sector deben llevar a cabo acciones esenciales a través de dos estrategias prioritarias. Aunque enfrentar estos desafíos puede resultar complejo, su adecuada implementación implica importantes oportunidades competitivas. En primer lugar, debido a que los eventos climáticos extremos de 2023 tendrán sus primeros resultados catastróficos el próximo año, las empresas identifican con un 12% que la mayor oportunidad de 2024 es la sostenibilidad como estrategia. En segundo lugar, la IAG toma protagonismo tras su exitosa actuación

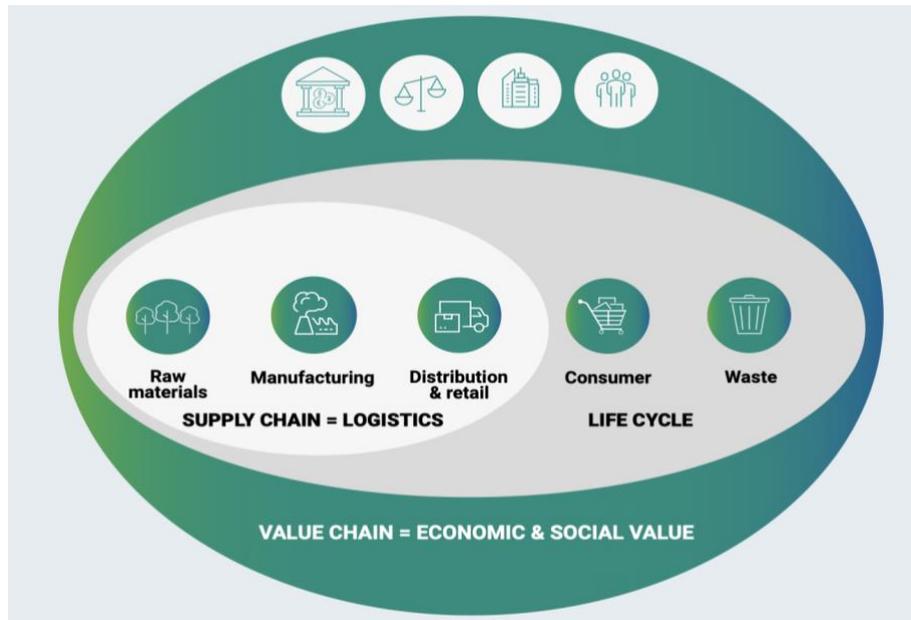
en 2023, y por ello, se considera que su desarrollo e introducción en la industria, será imprescindible para destacar competitivamente en el mercado.

En la actualidad, la sociedad está experimentando una transición hacia lo que se conoce como la cuarta revolución industrial. Esta fase se caracteriza por la fusión de tecnologías que borra las fronteras entre los ámbitos físico, digital y biológico, según lo describe Klaus Schwab (2020). Este autor menciona que la transformación implica la necesidad de realizar ajustes en los sistemas de producción, gestión y gobernanza de diversas industrias, llevados a cabo mediante la aplicación de herramientas derivadas del desarrollo tecnológico.

Nuestro objeto de estudio a lo largo del trabajo es el impacto de la IAG en la industria textil para minimizar las consecuencias medioambientales. Más específicamente nos centramos en la Cadena de Valor, y por ello, resulta crucial examinar los subgrupos autónomos de actividades e intervinientes que la conforman, desde una perspectiva interna hasta una externa.

El PMUE (2023) establece que en el núcleo mismo de la industria de la moda, se encuentra la Cadena de Suministro, compuesta por el abastecimiento de materias primas, la fase de manufactura y la de distribución y venta al por menor o Retail. Además, al considerar las etapas en las que se establece contacto con el consumidor, el uso consecuente del producto, y la gestión de desechos al final de su vida útil (denominado "*end-of-life*"), se configura el Ciclo de Vida del Producto. Todas estas etapas están interconectadas por el proceso logístico. En última instancia, tanto la Cadena de Suministro como el Ciclo de Vida del Producto se integran en la Cadena de Valor, donde entran en juego modelos de negocio, patrones de consumo, operaciones de financiación, regulación legal, así como actividades y participantes que ejercen influencia, como instituciones, ONGs y empresas. En resumen, esta cadena es la que aporta valor económico y social a cada prenda.

**Figura 2.** La Cadena de Valor en relación con la Cadena de Suministro y el Ciclo de Vida del producto



**Fuente:** United Nations Environment Programme (2021).

La IAG surge como una oportunidad de realizar cambios en la industria, y debido a que su descubrimiento ha sido más bien reciente, las firmas todavía no han experimentado con ella en profundidad. Aun así, son cada día más empresas las que comienzan a introducir sistemas inteligentes en los ciclos de vida de sus productos. Según el artículo de la consultoría *McKinsey & Co* (Harreis et al., 2023) en los próximos 3-5 años “La IAG podría sumar hasta 275 billones de dólares en beneficios operativos para la industria de la moda y del lujo”. No debemos olvidarnos que tratamos con una de las industrias más potentes en términos económicos, por lo tanto, el cambio no puede ser repentino, teniendo que mantener un equilibrio entre los beneficios (principal objetivo de las empresas) y las preocupaciones éticas y sostenibles (Rathore, 2017a).

En resumen, en los próximos apartados ponemos el foco en la Cadena de Suministro y Ciclo de Vida del producto, pues es donde la IAG puede directamente influir y contribuir al desarrollo de una industria más sostenible, con el fin de dejar atrás el proceso productivo lineal para transicionar hacia uno circular y sostenible.

### **3. IMPLICACIONES MEDIOAMBIENTALES EN LAS FASES DE LA CADENA DE SUMINISTRO Y CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO EN LA INDUSTRIA TEXTIL**

#### **3.1. Diseño generativo y desarrollo del producto. Modelo de diseño circular.**

El fenómeno actual de *Fast Fashion* refleja un modelo de producción lineal denominado “coger-hacer-desechar”, traducido del “*Take-make-waste*” en inglés (Chopra et al., 2023; Keßler et al., 2021; Rathore, 2019b), donde las prendas tienen un Ciclo de Vida limitado, en el que nacen y mueren, tras ser utilizadas un promedio de dos años antes de ser desechadas (Yalcin-Enis et al., 2019). Su trayectoria inicia y concluye en países en desarrollo, donde su final es la incineración o depósito en grandes montañas de textiles (Rathore, 2017b). No obstante, este sistema productivo no es sostenible a largo plazo, siendo imperativo realizar una transición hacia un modelo de producción circular, que busca romper con la dependencia de recursos finitos y se fundamenta en principios de sostenibilidad (Fundación Ellen MacArthur, 2020).

Dada la inminente necesidad de actuación, la industria debe emplear la IAG, que no se limita únicamente a ser un conjunto de algoritmos diseñados para la automatización de procesos, sino que nace como herramienta de aumento y aceleración de los mismos (Harreis et al., 2023).

La Cadena de Suministro en la industria textil abarca diversas etapas, pero es en la fase de diseño donde se deben tomar decisiones fundamentales en torno a la sostenibilidad y el cero desperdicio. Esto implica adoptar prácticas sostenibles desde el proceso creativo de las prendas hasta la elección de materias primas y textiles, manteniendo un enfoque de diseño circular, informado e intencional en todo momento (Ellen MacArthur Foundation, 2020; United Nations Environment Programme [UNEP], 2023).

La Fundación Ellen MacArthur (2020) determina que los productos de la industria textil en un modelo de economía circular deben ser diseñados: “Para ser más usados, Para ser hechos y rehechos, y con materiales seguros y reciclados o reciclables”.

Durante la etapa creativa, el *ML* automático escanea rápidamente miles de imágenes provenientes de diversas fuentes, como pasarelas de moda y redes sociales, además de extraer datos de las preferencias de los consumidores y datos históricos de ventas (Guo et al., 2023). En cuestión de segundos, esta tecnología predice patrones y tendencias con antelación de hasta un año (Biehlmann, 2023). A partir de este reconocimiento visual informático y la aplicación del *DL* se generan datos e información no estructurada, como paletas de colores, estampados, telas y texturas (Arthur, 2018). Estos elementos enriquecen los primeros bocetos y *moodboards* estacionales (tabloneros inspiracionales en español), que junto con el toque personal de la marca y la producción generativa, crea colecciones completas adaptadas a sus consumidores en horas en vez de en semanas (Casciani et al., 2022; Harreis et al., 2023). Esta predicción de tendencias apoyada por la IA y los sistemas de *ML*, hacen posible una compra más precisa y, por ello, más fácil para el consumidor.

Los *outputs* quedan registrados como prototipos de forma virtual, y sin ser tangibles en el momento, permiten acortar los ciclos de vida consiguiendo la eliminación del *sampling manual* (Sareen, 2022). Este proceso integra y permite realizar variaciones y adaptaciones a las prendas desde un mismo punto de partida virtual (Casciani et al., 2022). Como resultado, se elimina el uso de los textiles que sólo se emplean como una prenda de prueba y error, evitando el desperdicio de ejemplares físicos que a menudo no cumplen con las expectativas. Además, se reduce el uso de recursos energéticos asociados con este proceso extenso de muestreo, ya que la producción de un metro de ropa consume entre 4500 y 5500 kcal de energía térmica y entre 0.45 y 0.55 kWh de energía eléctrica (Ikram, 2022). Cuanto más optimizada sea la fase creativa, menor será el impacto en el Medio Ambiente. No obstante, Casciani et al., (2022) destaca como que como contrapartida a la desmaterialización, los programas virtuales deben ofrecer una imagen fiel de la prenda, en cuanto a su color, textura, adecuación y movimiento, debiendo conseguir que las prendas online tengan una precisión de 360 grados.

La introducción del *Sampling Digital* abre la puerta a la innovación y la interacción con los consumidores a través de la customización. Por una parte, Lee (2021) determina que pueden convertirse en "*Prosumers*", un concepto emergente en la industria de la moda,

en la que los consumidores participan como productores al involucrarse en actividades como el “Créalo tu mismo” y la co-creación. Por otra parte, mediante la función del “Try-On Virtual”, los programas desarrollados con IA y visión informática permiten adaptar los productos a las características físicas de los clientes (Akram et al., 2022). Los mismos pueden utilizar la cámara de sus dispositivos digitales para visualizar cómo les quedarían las diferentes prendas, facilitando la toma de decisiones de compra. Según *The State of Fashion 2023* (Balchandani et al., 2022) una buena relación con el consumidor implica una menor tasa de devoluciones, con efecto directo en todas las demás fases del Ciclo de Vida del Producto, entre ellas la producción y la distribución.

### **3.2. Abastecimiento de materias primas e innovación textil.**

Una parte significativa de los principios y metas de la economía circular, propuestos por la Fundación Ellen MacArthur en 2020, se centra en la importancia de adoptar prácticas sostenibles en la fabricación de textiles y en la obtención de materias primas. Estos aspectos son cruciales ya que constituyen el punto de partida fundamental al crear nuevas prendas.

La economía circular propone un enfoque que no solo considere el Ciclo de Vida del Producto, sino también la eficiencia en el uso de recursos, la minimización de residuos y el empleo de un sistema cerrado que fomente la reutilización y reciclaje de materiales. Este enfoque busca mantener en su máximo valor posible los textiles dentro de la Cadena de Valor, transformando la manera en la que concebimos y producimos las prendas, promoviendo la sostenibilidad desde el abastecimiento de materias primas hasta el reciclaje o final de vida de los productos textiles (Ellen MacArthur Foundation, 2020; Ellen MacArthur Foundation et al., 2019; Rathore, 2019b; UNEP, 2023).

En esta etapa, el reporte de la Fundación Ellen MacArthur de 2020, resalta la importancia de uno de sus principios “Mantener los productos y materiales en uso y movimiento”. Se enfatiza que los materiales técnicos y biológicos, como el algodón, deben ser separables o fácilmente separables entre sí, ya que los textiles, de ser bien tratados, tienen el potencial de ser reciclados en su totalidad (Ikram, 2022). Además, se

propone que las firmas introduzcan el uso de fibras no tóxicas, como algodón orgánico, fibras innovadoras y procesos de cultivo sostenibles (Rathore, 2019a). El objetivo es evitar que las prendas lleguen a considerarse desechos, promoviendo una transición hacia una industria textil más sostenible y circular.

El poliéster no se descompone y emite casi tres veces más de CO<sub>2</sub> que el algodón (Ikram, 2022). No obstante, el autor menciona que según estadísticas alrededor del 30% del algodón es genéticamente modificado, y el algodón no orgánico utiliza químicos muy tóxicos como metales pesados y aromatizantes,.... Concretamente el algodón convencional utiliza el 5% de los herbicidas del mundo (*Cotton - Pesticide Action Network UK*, 2022). Por lo tanto, la IA debe actuar en primer lugar como herramienta para investigar nuevos métodos de reciclaje de fibras derivadas de los propios desechos existentes o de recursos naturales sostenibles, por ejemplo provenientes de recursos como las algas y los hongos (Slow Fashion Next, s. f.). Por otra parte, también puede desarrollar bio-tecnologías generadoras de materiales innovadores y renovables (Rathore 2017a; Sareen, 2022). Así lo ha hecho Ecoalf (s. f.) en una de sus colecciones, mediante el desarrollo de una tecnología que permite transformar el poliéster post-consumo o los plásticos vertidos en los océanos, evitando de toda manera la producción de microfibras que provocan un gran impacto negativo en el Medio Ambiente (Ellen MacArthur Foundation, 2020).

Al igual que el resto de industrias, el sector de la agricultura ha experimentado una gran evolución tecnológica, permitiendo llevar a cabo métodos de agricultura sostenibles. Gracias al desarrollo en el análisis de datos y procesamiento de información, los sistemas inteligentes permiten desarrollar estrategias para la protección de los cultivos, así como explorar nuevos espacios agrícolas que originalmente se consideran como “no cultivables” (BAYER, 2023). La empresa manifiesta que de cara al futuro, el uso de la tecnología generativa accederá a explorar sistemas de cultivo en espacios internos, como en azoteas, involucrando un menor uso de recursos energéticos y tóxicos, en los que las materias primas estarán protegidas frente a agentes externos como plagas o eventos climáticos adversos. Esta aplicación permite también, producir materias primas en lugares próximos a la siguiente fase de producción textil, provocando la utilización

de materiales de km0', que eliminan al máximo posible el suministro de materiales de larga distancia (Casciani et al., 2022) y permiten realizar una buena gestión de las materias primas, afectando directamente en la fase logística y de distribución.

Para evitar caer en técnicas de *Greenwashing* o de engaño al consumidor en cuanto al origen de las materias primas, la transparencia debe ser garantizada por parte de las empresas encargadas de la fase de abastecimiento y de generación de textiles. Por ello, y como veremos a lo largo de todas las fases, es mediante un sistema de trazabilidad fiable e intercomunicado a lo largo de toda la Cadena de Valor.

### **3.3. Análisis predictivo en la Cadena de Suministro y optimización del Proceso Logístico.**

La demanda en la industria textil es impredecible y volátil (Ikram, 2022), y junto con las cifras de consumo, es de las mayores en términos cuantitativos entre todas las industrias. Sin embargo, una de las grandes aplicaciones de la IA se encuentra en la posibilidad de predicción de la misma, ya que en palabras de Biehlmann (2023) cuanto más precisa, menor es la probabilidad de que las empresas desperdicien materiales tangibles y económicos en la producción de prendas que nadie va a comprar. Además según Sareen (2022) una buena previsión de la demanda ayuda a planificar eficientemente, y en este caso de manera sostenible, todas las fases de la Cadena de Valor Textil a largo plazo.

De manera similar a la predicción de tendencias, la IAG se basa en la utilización de datos tanto internos como externos de la industria. Rathore (2017a) recoge ciertas fuentes, entre ellas: el análisis de datos históricos de ventas, la evaluación de la capacidad de producción de la empresa, o la alineación de las tendencias con el público objetivo. Además, se tienen en cuenta factores externos, como la legislación del mercado, posibles eventos históricos relevantes y la influencia de la cultura textil en el público. Pinville comenta en el reporte de Biehlmann (2023) que en la actualidad, el 40% de los productos textiles a nivel mundial no logran venderse a su precio completo, y el 25% ni siquiera llega a comercializarse. Es por ello que la predicción se vuelve crucial al dirigirse

a mercados diversos, ya que cada uno tiene un público objetivo distinto con necesidades y preferencias únicas. Como señaló Sareen en 2022, no todos los mercados requieren las mismas prendas ni en las mismas cantidades.

El diseño circular impulsa la producción bajo demanda como resultado de esta práctica. Los tiempos y la longitud de la Cadena de Valor se ven reducidos y la logística mejora (Clarke-Sather & Cobb, 2019, como se citó en Cascinani et al., 2022; Ashby, 2016, como se citó en Cascinani et al., 2022). Este enfoque propone introducir la automatización y robotización de la Cadena de Suministro, así como de los sistemas logísticos y de almacenamiento que originalmente eran manuales (Harreis et al, 2023; Roberts-Islam, 2020; Sareen, 2022).

La robotización de la maquinaria supone el futuro de la industria textil, y aunque se encuentre ciertamente atrasada, como expone el director general de *Robotextile*, Michael Fraede en el estudio de caso recogido en *La (r)evolución textil (s. f.)* “la robótica bien aprovechada allana el camino a una calidad fiable y constante con costes de ejecución manejables”. Estas características son imprescindibles para obtener la eliminación de errores y disminución de devolución de prendas, que están directamente relacionados con la reducción de recursos energéticos inutilizados (EIT Innovation Communities, 2021). De hecho, Yalcin-Enis et al. (2019) afirma que “el coste total de los defectos es a menudo un porcentaje significativo del total de los costes de manufactura de muchas organizaciones” (p.32).

Los sistemas de inteligencia artificial también pueden predecir fallos y averías en las máquinas, y de igual manera reducir el impacto ambiental de tener bloqueos en la Cadena de Suministro, que ralentizan y alargan el Ciclo de Vida del Producto, además de aumentar los recursos logísticos requeridos (Ghoreishi et al., 2019; *Sistema de inteligencia artificial para predecir fallos y averías en las máquinas*, 2023).

La transformación supone una optimización de la carga de trabajo y la eliminación de inventarios inmovilizados en almacenes, la sobreproducción de prendas y materias primas, así como la reducción de los desechos Pre-consumo (Casciani et al., 2022). Por

otra parte, logra eliminar los cuellos de botella de los inventarios (Harreis et al., 2023), y además de limitar la sobreproducción (*overstock*), también trata de ajustarse a la demanda y no producir de menos (*stockout*) (Rathore, 2019b). Adicionalmente, como estrategias complementarias para optimizar de mejor manera sus Cadenas de Suministro, las empresas pueden implementar sistemas inteligentes de preventa o lanzar colecciones limitadas a través de sus plataformas en línea. Este enfoque tiene como objetivo maximizar los beneficios del modelo de diseño circular y motivar a los consumidores a alinearse con los objetivos sostenibles.

Por su parte, el transporte y los viajes anuales dedicados a las ventas mayoristas B2B (o *Business to Business*) de colecciones en época de *fashion weeks* estacionales tienen un efecto directo en la huella de carbono, en datos reales un reporte de 2020 de Carbon Trust y ORDRE dató una cifra similar a 241.000 toneladas de Co2 (Fleck, 2023). No obstante, haciendo uso del *ML*, la IA generativa tiene un impacto directo en la mitigación de las emisiones de GEI. A continuación los reportes de la EIT Innovation Communities (2021) y de Rolnick et al. (2019) recogen dos principales estrategias a seguir para la consecución de dicho objetivo.

En primer lugar, se aspira a conseguir la reducción de la actividad de transporte y la máxima eficiencia de los vehículos. Para ello, se requiere un análisis predictivo del tráfico y de los posibles riesgos climáticos, con el fin de no dedicar recursos energéticos y económicos a viajes que no podrán ser realizados por agentes externos fuera del control de los humanos. Por ejemplo, mediante sensores e imágenes satélite que midan el volumen de tráfico por horas (Kaack et al., 2019) y generen rutas alternativas siguiendo los patrones de eficiencia y sostenibilidad, o propongan los mejores espacios temporales para su ejecución. Por otra parte, la IA haciendo uso de la información recibida desde los propios sistemas logísticos internos puede optimizar las rutas de distribución teniendo en cuenta origen y destino, el tipo de transporte y el tamaño de los paquetes. Con esta medida se pretende minimizar el número de viajes realizados, agrupar la mayoría de envíos y disminuir las emisiones de CO2.

En segundo lugar, mediante las capacidades del ML se propone el uso de combustibles alternativos y vehículos eléctricos, así como la posibilidad de desarrollar nuevas fuentes energéticas. La electrificación de los vehículos (Hao, 2020) se facilita mediante diferentes técnicas de aplicación de IA, entre ellas se hace posible la localización de estaciones de carga dentro de la optimización de la ruta. Además, mediante la predicción de actividad de los vehículos, se elimina el uso energético innecesario, permitiendo que sistemas autónomos sean capaces de detectar cuando es posible el almacenamiento y ahorro de dicha energía. Finalmente, en esta fase entra en juego de igual manera, el mantenimiento predictivo de las fuentes energéticas y de los propios vehículos, con el fin de prever los malgastos y errores técnicos predecibles mediante algoritmos y sistemas de aprendizaje continuo.

#### **3.4. Transformando el *Retail* con Asistentes Virtuales y Experiencias Inmersivas Sostenibles: Enfoque en la Personalización del Marketing y Generación de Recomendaciones Sostenibles.**

Durante el Covid-19, muchos fueron los analistas y autores que predijeron una caída del Retail físico. No obstante, y contra todo pronóstico “*The State of Fashion 2023*” afirma que “las nuevas generaciones digitales ven las tiendas físicas como oportunidades de *Marketing*, y no como simples vías de generación de ventas” (Balchandani et al., 2022, p.74). Es por ello, que a día de hoy cuando hablamos de la implementación de la IAG en la fase de Retail, se engloban tanto las tiendas físicas como *online*, también conocidas como *E-Commerce* (UNEP, 2023).

Existen investigaciones que afirman que, en la mayoría de las ocasiones, las compras *online* generan un menor impacto medioambiental en comparación con las compras en tiendas físicas (Bertram & Chi, 2017). Sin embargo, los autores señalan que, existen factores como los métodos de distribución *express* en 24-48 horas, las devoluciones o el exceso de envoltorios, que suponen que esta opción genere más desechos y un mayor impacto en la huella de carbono. Es por ello que, es esencial considerar cada circunstancia de manera individual para medir de manera precisa el impacto medioambiental de cada operación de venta.

El *E-Commerce* ha experimentado un gran aumento en su tráfico en los últimos años, debido en gran parte, a la generación de contenido en las redes sociales. Las marcas textiles aprovechan este canal como estrategia para conectar con los consumidores, estableciendo links de acceso directo a sus portales de venta *online* de acuerdo con sus gustos y preferencias individuales. Asimismo, otro canal disponible para la búsqueda de prendas se encuentra en la búsqueda virtual y reconocimiento inteligente, para la cual únicamente se requiere un dispositivo móvil con cámara (Casciani et al., 2022). A través de este método, es el propio sistema quien apoyado por la IAG se encarga de escanear todas las fuentes disponibles en línea para localizar las prendas idénticas o similares de acuerdo a sus características técnicas. Además, tras analizar las ventas pasadas, la IAG generará descripciones más precisas y eficaces para aumentar la probabilidad de venta de las prendas (Balchandani et al., 2023; Harreis et al., 2023). Como consecuencia, el proceso de compra se optimiza, ya que en lugar de explorar las colecciones completas con cientos de productos, se reduce a una búsqueda menos extensa pero más satisfactoria.

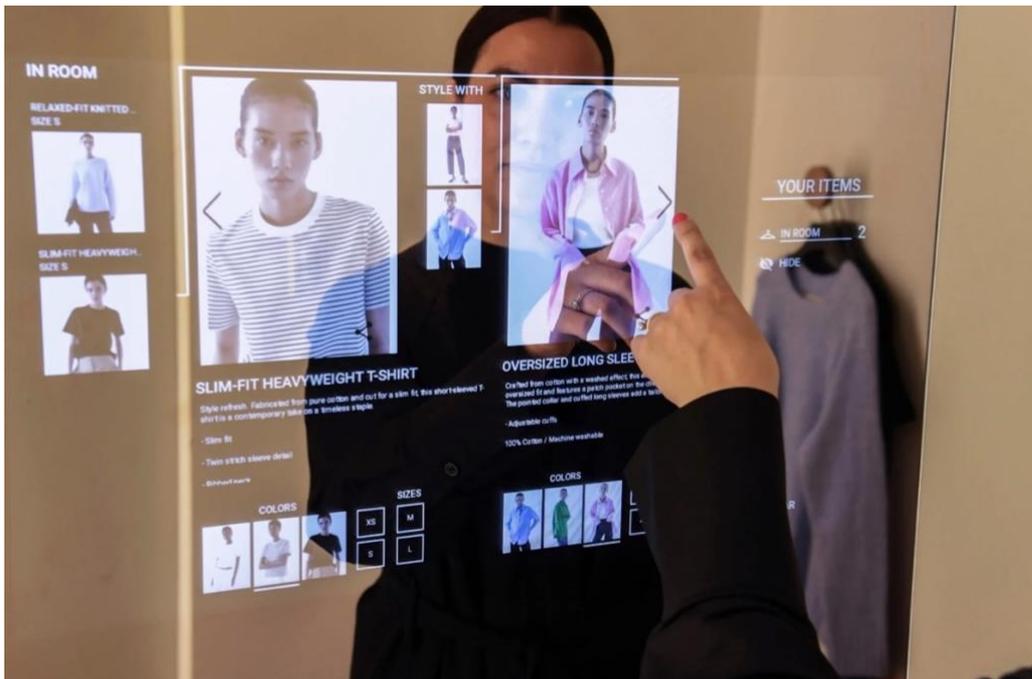
Al igual que en otras fases del Ciclo de Vida de la prenda textil, la personalización se vuelve un pilar imprescindible. Junto a ella, los asistentes virtuales se encargan de realizar recomendaciones adaptadas a cada persona, con un enfoque hacia las sugerencias sostenibles (Rathore, 2019a, 2017a). Estos asistentes, también denominados *Chatbots*, interactúan con los consumidores durante su experiencia de compra *online*, por ejemplo adaptando el idioma de la conversación, buscando prendas similares o incluso tramitando solicitudes de devolución de pedidos, como si de una persona física en tienda se tratara (Harreis et al., 2023; Sareen, 2022).

Otra de las grandes aplicaciones de la IAG se encuentra en la posibilidad de realizar pruebas virtuales de prendas, conocido en inglés como *Digital Try-On* o *Virtual Try-On*. Mediante la visión informática y el *ML*, se reconstruye una imagen 3D, generando un avatar ajustado a las medidas y características de la persona (Lee, 2021), pudiendo proponer otras tallas o estilos en caso de que fuera necesario (Casciani et al., 2022).

Hacer uso de esta función a través del comercio *online*, permite a los consumidores tanto crear colecciones virtuales (Ellen MacArthur Foundation, 2020), como realizar la

compra de manera más consciente y cómoda desde casa. Como resultado directo, se reduce la necesidad de *stock* en tienda, así como una disminución del uso de transporte y una minimización de las devoluciones (Casciani et al., 2022; Sareen, 2022).

**Figura 3.** El espejo inteligente permite a los clientes solicitar artículos sin tener que salir del probador.



**Fuente.** H&M Group (2023)

Tal y como mencionan Balchandani et al. (2022), el *Retail* físico ha ganado relevancia en los últimos años, convirtiéndose en una poderosa herramienta comunicativa para las marcas. Dado que las tiendas representan el contacto más cercano y fiel que los consumidores pueden experimentar con la marca, éstas pueden ofrecer a través de la Realidad Virtual, experiencias inmersivas y personalizadas de compra (Ratore, 2019a; Flösdorff et al., 2019 como se citó en Akram et al., 2022).

Adicionalmente, previo al proceso de compra, las presentaciones de las colecciones pueden generarse a través de la IAG en escenarios interactivos y sensoriales (Silvestri, 2020 como se citó en Casciani et al., 2022). Estos entornos muestran el impacto que las compras de los consumidores están suponiendo para el planeta, permitiendo tomar decisiones conscientes considerando la problemática medioambiental (Lee, 2021).

Más allá de la participación de los consumidores, las empresas deben transmitir sus valores sostenibles y éticos de manera tangible, clara y transparente (Balchandani et al., 2023). Este compromiso también se extiende a los propios trabajadores, que deben contar con planes de formación adecuados y continuados (Harreis et al., 2022). Por otra parte, estos autores recomiendan introducir dispositivos que apoyados por la Realidad Aumentada ofrezcan datos reales a nivel operacional, entre ellos, la previsión de demanda, las condiciones y el volumen de inventario disponible.

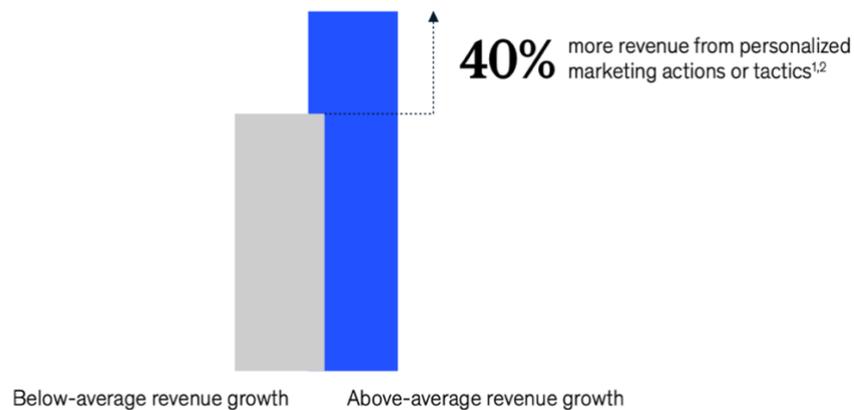
Las tiendas ecoeficientes son el futuro de la industria. Para la empresa Inditex ya son una realidad, pues las ha implementado en todo el mundo, y suponen ahorros del 20% de agua y 40% de energía (Invertia, 2021). Además de hacer uso de energía 100% renovable y un sistema *ticketless*, éstas se conectan a un sistema centralizado de datos, y actúan de manera autónoma. Por ejemplo, adecuan el nivel de luz según el volumen de tránsito, climatizan la tienda o paralizan las escaleras mecánicas cuando no se requiera su uso («Circularidad y uso eficiente de los recursos», 2017).

A pesar de la percepción generalizada de que las acciones tangibles de las empresas son la principal razón de su impacto, positivo o negativo, en el Medio Ambiente, los clientes desempeñan también un papel crucial en el logro de los objetivos sostenibles. Consecuentemente, las empresas tienen una gran responsabilidad a la hora de comunicarse con sus consumidores, y es por ello que la fase de *Marketing*, es una de las más relevantes dentro de la Cadena de Valor del producto.

La IAG empleada para realizar un análisis predictivo del mercado, posibilita segmentar a los consumidores y dirigir estrategias de *Marketing* personalizadas (Harreis et al., 2023, Rathore, 2017a). Según la autora, se trata de una “escucha social” que a través del análisis de los sentimientos de los mismos, es capaz de generar contenidos ajustados a sus gustos y necesidades. Arora et al. (2021) señala que “las empresas que obtienen más valor de la personalización crecen más rápido” (p. 8), así como se observa en la figura 4, obtienen un 40% más de ingresos gracias a las estrategias de *Marketing* personalizadas. En segundo lugar, el análisis del mercado permite a las empresas crear

programas hiperpersonalizados de lealtad, donde además de recibir recomendaciones de productos, generan contenido promocional y publicitario sostenible a medida.

**Figura 4.** “Las compañías que capturan más valor de la personalización crecen más rápido”.



**Fuente.** McKinsey & Co (Arora et al. 2021)

Por otra parte, las estrategias pueden ser moldeadas para transmitir un mensaje sostenible, en el que se “muestran los beneficios de una compra duradera y fabricada de forma ética” (Rathore, 2019a). Además, tratan de transmitir nuevos patrones de consumo donde se toman decisiones más conscientes con la problemática medioambiental y ética (Casciani et al., 2022). Las firmas deben aprovechar esta instancia para crear contenido en el que se muestre su compromiso con la sostenibilidad (Rathore, 2017b) y sus prácticas transparentes a la hora de compartir información sobre los productos (Joergens, 2006 como se citó en Rathore, 2017a), con el fin de que los consumidores sientan que están alineados con los valores de la empresa, desarrollen una lealtad a largo plazo y la misma fortalezca su reputación (Rathore, 2017a).

Adicionalmente, la IAG tiene el potencial de acelerar la generación de contenido (Harreis et al., 2023), concretamente contenido para redes sociales, donde actualmente no se valora tanto la calidad como la cantidad de material compartido en las plataformas. Rachel Arthur, la portavoz de moda sostenible para el UNEP, afirma en su entrevista para “*The State of Fashion 2024*” (Balchandani et al., 2023, p.96), que “donde

existe un rol para el *Marketing*, existe un rol para el *Storytelling*". En este contexto, explica que las empresas deben tener en cuenta que todo lo comunicado al mundo debe alinearse con un comportamiento sostenible. Principalmente, el mensaje debe enfatizar la transición hacia el modelo de economía circular y el abandono del sobreconsumo.

En su última etapa, y tras experimentar el lanzamiento de nuevas campañas inteligentes, la fase de *Marketing* potenciada por la IAG, transforma las visitas a las páginas web, visualizaciones de publicaciones, las ventas generadas y la lealtad de nuevos clientes en *feedback* (Harreis et al., 2023). A través de una óptima segmentación del mercado, en base a la retroalimentación recibida, se pueden desarrollar estrategias de negocio adaptadas al sector, tales como la introducción de nuevos modelos de precios o la diferenciación de la oferta de productos (Casciani et al., 2022). El objetivo principal radica en reconocer que, debido a múltiples factores externos, no todos los *targets* son conscientes de igual manera de la problemática medioambiental. Algunos estarán más alineados con los principios sostenibles, mientras que otros ni siquiera se los planteen.

En conclusión, el fundamento de una fase sostenible en *Retail*, radica en la personalización de las recomendaciones de compra, así como de las estrategias de *Marketing* y en la eficacia de un sistema interconectado de información. La comunicación entre los *retailers* y los consumidores debe ser, al igual que en las demás fases, clara y transparente, aspirando a aumentar la interacción y permitiendo a los consumidores tomar decisiones más conscientes con el Medio Ambiente (Ghoreishi et al., 2021).

### **3.5. Valor agregado en el tratamiento de residuos de fase de *End-of-Life* y lucha contra el *Greenwashing***

Junto con el proceso de diseño, la fase final del ciclo de vida del producto es la más importante, pues es aquella que nos "cierra" el esquema del Modelo Circular de la industria textil. Sin embargo, es la menos estudiada.

A lo largo de los años, la literatura nos ha llevado a pensar que la solución más eficiente para alcanzar los objetivos sostenibles es prevenir la generación de desechos. No obstante, es imperativo poner el foco en otras técnicas para tratar los residuos textiles y convertirlos en productos con valor agregado, con el fin de desviarlos de los vertederos saturados y dotarlos de nueva vida (Chopra et al., 2023). Por ello, los mencionados autores exponen que la IAG tiene el potencial de crear tecnologías para lograr dicho objetivo, pudiendo generar productos nuevos con el mismo valor que el inicial o incluso mayor. Para estudiar su aplicación, es necesario distinguir entre dos tipos de desechos.

En primer lugar Chopra et al. (2023) define los “Pre Consumo” como aquellos “textiles homogéneos y de mejor calidad, que tienen el potencial de tener una segunda vida o de ser utilizados como materia prima para otro tipo de productos” (p.1). Estos son textiles que no han llegado al consumidor, bien porque no han conseguido ser vendidos, bien porque son sobrantes de la producción de prendas, o bien porque han sido dañados (Yalcin-Enis et al., 2019). Sin embargo, su reciclaje no se considera como tal, pues es un reciclaje “limpio” sin impacto en el Medio Ambiente.

En segundo lugar, los "Post Consumo" se caracterizan por su heterogeneidad, siendo a menudo una mezcla compleja de fibras difíciles de separar (Chopra et al., 2023). Además, las prendas que quedan fuera de moda, con una vida útil de aproximadamente 2 años por prenda (Yalcin-Enis et al., 2019), generan preocupación en la industria debido a su considerable impacto ambiental.

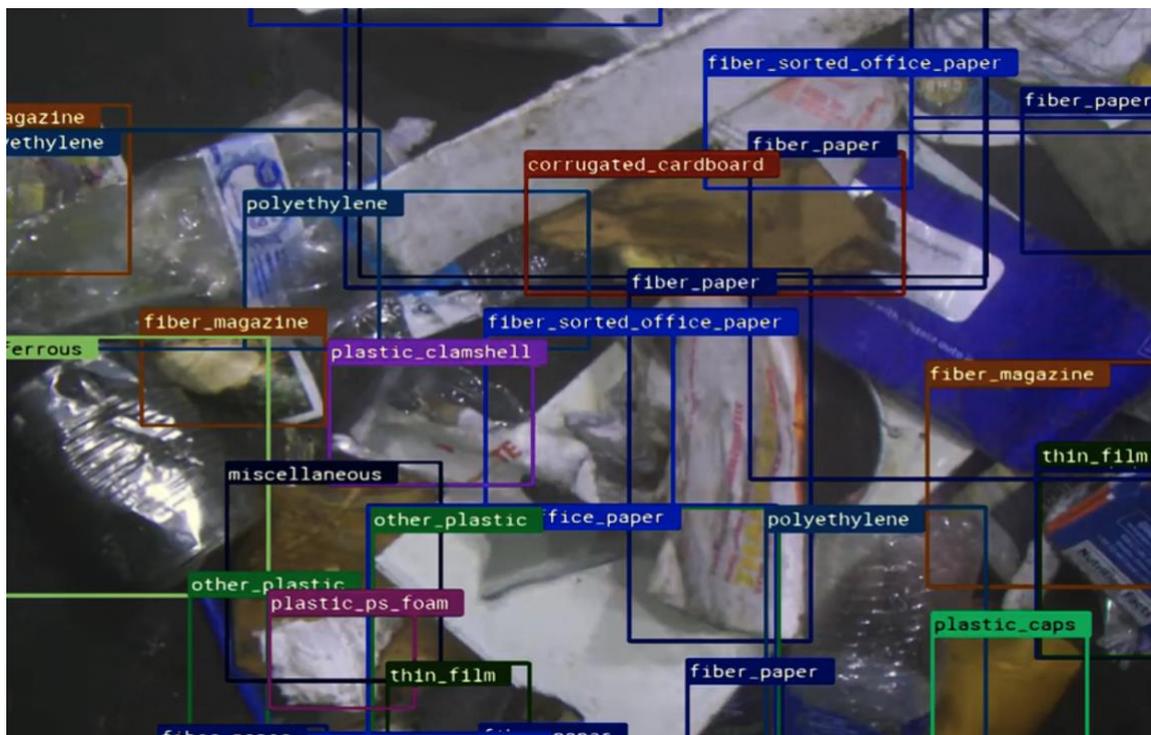
Por ello, el Modelo Circular junto con la ayuda de sistemas inteligentes propone prácticas como el reciclaje fibra a fibra (UNEP, 2023), el *Renting* o la venta de segunda mano (Ghoreishi et al., 2021), así como procesos biotecnológicos para separar las fibras y reducir al máximo el material desechado.

En esta fase final, el análisis predictivo es de gran importancia (Rathore, 2019b), pues basándose en datos externos (Sareen, 2022), teniendo en cuenta regulaciones legales, prácticas de otras organizaciones y datos históricos de las propias firmas, puede generar estrategias de desecho y minimización de residuos. Simultáneamente, al analizar el

estado de las prendas, genera recomendaciones sostenibles para los consumidores, orientando cada producto hacia un futuro más apropiado.

Como se observa en el estudio de caso de la empresa *AMP Robotics (Artificial Intelligence - AMP Robotics, s. f.)* y en la Figura 2, su robot *Neuron* es capaz de aplicar la visión informática, el *ML* y la automatización de robots para reconocer patrones de materiales reciclables dentro de masas de desechos. El siguiente paso trata de realizar una categorización óptima de los textiles a reciclar, pudiendo clasificarlos por color, tamaño, forma,... y separar los materiales en función de su destino. El objetivo de la industria textil sería llegar a aplicar esta tecnología en su Cadena de Valor para aplicar íntegramente el Modelo de Economía Circular.

**Figura 5.** “AMP Neuron”. Aplicación de la Inteligencia Artificial en el proceso de reciclaje a través del reconocimiento visual y categorización de materiales.



**Fuente:** AMP Technology (s. f.).

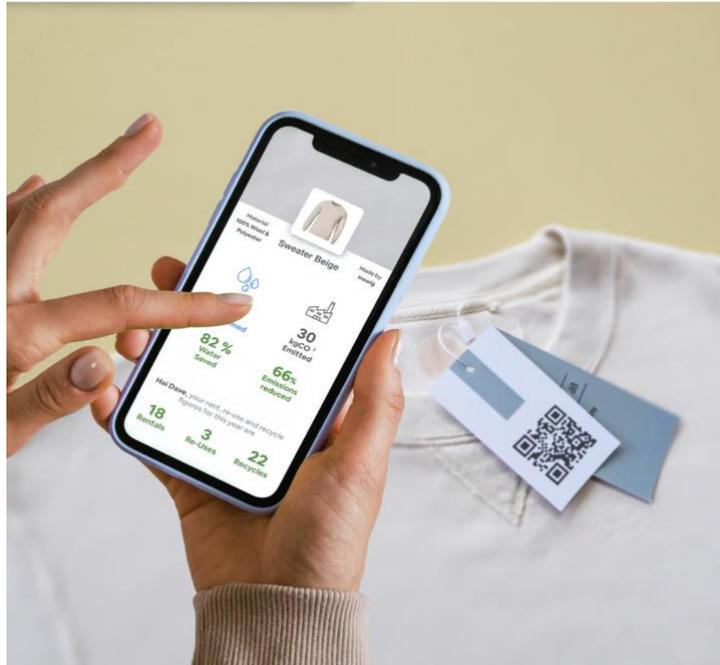
En el caso de que los métodos comunes como el reciclaje y la venta de segunda mano no sean opciones óptimas para los textiles, los sistemas inteligentes pueden ser utilizados para investigar nuevos procesos químicos de tratamiento de los residuos (Ribul et al., 2021; Hao, 2020), otorgándoles un nuevo valor. Por ejemplo, Chopra et al. (2023) afirma que mediante la técnica de la metabolización, los textiles pueden ser transformados para utilizarse como fuente de energía alternativa, lo cual a su vez, supone una disminución de la huella de carbono.

Otra posibilidad de reciclaje es mediante procesos bioquímicos de separación de textiles fibra a fibra (Ribul et al., 2021), que logran un reciclaje alternativo con disolventes benignos y energía renovable. No obstante, estos procesos deben ser estudiados y desarrollados mediante las capacidades de análisis de la IA, pues pueden tener efectos negativos indirectos como el uso de químicos tóxicos y otras fuentes de energía no renovables.

Una aplicación final de la IA es en la lucha contra el *Greenwashing* o lavado verde de las marcas. Ésta es una técnica de *Marketing* en la que las empresas exageran sus acciones sostenibles con la intención de engañar a los consumidores que optan por este tipo de productos (Edwards, 2023) a través de afirmaciones sobre la sostenibilidad de sus productos (Slow Fashion Next, s. f.). Entre otras prácticas, la capitalización de iniciativas en el Día de la Tierra y similares o la utilización de conceptos intencionadamente incorrectos como “ecofriendly” o “verdes” se categorizan como tal (Roberts-Islam, 2020; United Nations, s. f.)

Por eso, la tecnología inteligente enfrenta el desafío de apoyar el cumplimiento de regulaciones y estándares sostenibles utilizando la monitorización continua de empresas y sistemas de trazabilidad de textiles. El Pasaporte Digital del Producto (PDP), servirá para introducir toda la información referente a la vida del producto “desde el hilo hasta la tienda” (Douglass, 2023; de Pereda, 2021). La autora menciona que entre dichos datos se encontrarán, el lugar de fabricación, la fuente de los materiales con los que se produjo, así como instrucciones de reciclaje o su impacto en la huella de carbono.

**Figura 6.** Plataforma TrusTrace enlazada a los códigos QR de la ropa



**Fuente:** Trust Trace (2023).

La IAG tiene un papel activo en la generación de distintivos para cada tipo de prenda. Además, tiene el potencial de crear redes de información masivas e interconectadas a lo largo de toda la Cadena de Valor que recogen, almacenan y analizan toda la información. El objetivo principal es luchar contra las prácticas engañosas de *Greenwashing* y generar una Cadena totalmente transparente para el consumidor e intervinientes en la vida del textil (Kumar Agrawal et al., 2018; Slow Fashion Next, s. f.; UNEP, 2023).

#### **4. LIMITACIONES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL GENERATIVA**

A lo largo del trabajo, se puede observar como la introducción de la IAG en la industria textil puede representar una evidente ventaja para mitigar su gran impacto en el Medio Ambiente. Aun así, no todo son aspectos favorables, pues existen limitaciones y desafíos que obstaculizan su lucha en la consecución de una industria sostenible a largo plazo.

La IAG tiene su acción limitada a la información disponible en las diferentes bases de datos, en la industria textil concretamente, de Redes Sociales, de la información interna y externa del mercado, así como de otras bases recolectoras de datos que puedan serle de uso a la industria. La información recogida debe ser de total calidad pues la actividad y el éxito de las empresas textiles dependen en gran medida de ella (Bandi et al., 2023). No obstante, Rathore (2019a) manifiesta que en muchas ocasiones los datos son de imposible acceso o no se encuentran disponibles, ya sea debido a la falta de transparencia de las empresas o a la simple inexistencia de los mismos. En otras ocasiones, la información deriva del escáner de miles de imágenes por parte de la IAG, lo que implica que un sistema inteligente mal programado no sea capaz de extraer conclusiones a partir de dicha visualización (Bandi et al., 2023). Según los mencionados autores esto requeriría el desarrollo de métodos interpretativos alternativos, con su consecuente pérdida de recursos económicos y energéticos.

Por otra parte, la IAG se programa para generar respuestas novedosas con base en información objetiva pasada. Rathore (2017a) determina que es posible que se “perpetúen patrones de discriminación” y generen prácticas de *Marketing* que según una categorización demográfica discriminatoria oferten diferentes productos en base a sus características y no aboguen por una sostenibilidad inclusiva. Otro riesgo, radica en la posibilidad de que las respuestas sean obsoletas o que incluso generen contenido hiperrealista que tenga la potencialidad de desinformar o producir un daño a las reglas éticas de la sociedad (Ahmmed, 2023; Rathore, 2017b).

En muchas ocasiones, el manejo de grandes masas de datos provoca un colapso de los sistemas (Bandi et al., 2023), e incluso amenazas en la ciberseguridad (Rathore, 2017b), poniendo en riesgo toda la integridad de las firmas textiles, desde sus procesos creativos hasta las estrategias de introducción de nuevos productos en el mercado. Estos peligros, combinados con el escepticismo (Rathore, 2019a) que surge de su reciente incorporación en la industria y la subjetividad que acompaña al diseño creativo, suscitan la pregunta de si es posible que la IAG pueda liderar la industria textil, poniendo en duda la creación exitosa de prácticas y campañas sostenibles sin la creatividad y el criterio humano (Rathore, 2017a).

Junto con estos factores, la dependencia tecnológica en la fase de diseño generativo potencia la posibilidad de acusaciones de plagio entre empresas de la industria, así como conflictos por patentes y derechos sobre creaciones similares. La razón de ello se encuentra en que las fuentes de información son las mismas para todas ellas y los resultados creativos tienden a ser muy similares (Harreis et al., 2022). Consecuentemente, como se ha observado con diferentes firmas a lo largo de los últimos años, un escándalo de este tipo, puede afectar gravemente a la reputación de las empresas. Es por ello, que Biehlman (2023) concluye con que hasta que los sistemas inteligentes no alcancen un desarrollo confiable, la industria seguirá dependiendo del papel crucial que desempeña el ser humano.

Más allá de los beneficios medioambientales que la introducción de la IAG pueda aportar a la Cadena de Valor Textil, también deben considerarse sus impactos negativos en el mismo. Sasha Luccioni, investigador sobre IA sostenible y ética, afirma en el artículo para Stockel-Walker (2023) que debido a la intangibilidad de ésta, en la mayoría de las ocasiones se pasa por alto su gran impacto medioambiental.

En primer lugar, se destaca el elevado consumo de agua en su utilización. Stockel-Walker (2023) propone como ejemplo el caso de *ChatGPT*, que requiere 500 mililitros de agua cada 20 preguntas con sus respectivas respuestas. Teniendo en cuenta que Sam Altman (CEO de *OpenAI*) manifestó en noviembre de 2023 que la plataforma cuenta con más de 100 millones de usuarios activos semanalmente, el consumo de agua se dispara proporcionalmente, generando preocupación por las cifras alcanzadas.

Casciani et al. (2022), afirma que a través del protocolo de GEI se calculó que la emisión de GEI en la primera *Fashion Week* otoño/invierno 2020 de Helsinki fue mayor en términos globales que las *Fashion Week* tradicionales, aunque “menor si se calcula por visitante”. Por otra parte, el impacto energético del entrenamiento, despliegue y mantenimiento de los sistemas también es significativo (Rathore 2017a). Concretamente *ChatGPT3* consumió sólo durante su fase de entrenamiento 1,287 MWh (Patterson et al., 2021). A este consumo Casciani et al. (2022) le suma el relacionado con las experiencias virtuales y de realidad aumentada, presentes sobre todo en la industria

del *Retail*, pues se requiere una conexión continua entre todos los dispositivos móviles, la nube y los sistemas inteligentes.

Paralelamente, la industria de las tecnologías de información representa entre el 1.8-2.8% de las emisiones GEI (Freitag et al., 2021, como se citó en Casciani et al.,2022). Según las previsiones de (Gartner, 2022) para 2030 “La formación en ML y el almacenamiento de datos podrían suponer el 3,5% de todo el consumo mundial de electricidad”. Aun así, a día de hoy el impacto medioambiental de la IAG no puede ser medido en su totalidad, ya que no se tienen en cuenta el consumo de todas las infraestructuras involucradas en su desarrollo, como los centros de almacenamiento de datos o los dispositivos de intercambio de los mismos (Casciani et al., 2022). Por lo tanto, y volviendo a sus orígenes, es esencial contar con información transparente, accesible y de calidad para obtener datos reales y evaluar su impacto medioambiental.

## 5. ESTUDIO DE CASO: STELLA MCCARTNEY

Stella McCartney, la que fuera primera mujer en firmar un acuerdo con la marca *Gucci*, y directora creativa del equipo olímpico de Gran Bretaña en 2012, encarna a día de hoy el vivo ejemplo de que la industria textil y de la moda pueden ser sostenibles. Criada en Inglaterra bajo los valores de su madre, Linda McCartney, una “fotógrafa, vegetariana y activista a favor de los derechos de los animales”, Stella ha llevado esos principios a la creación de su marca de lujo, *Stella McCartney* (*About Stella*, s. f.)

Desde sus inicios, la diseñadora se ha negado a utilizar cuero, plumas o pieles de animales, fundamentada en su estilo de vida vegano. Sus ideales sostenibles fueron considerados revolucionarios al principio, siendo considerada como una “eco-rarita” tras el lanzamiento de su firma en 2001 (Muñoz, 2022). No obstante, Stella McCartney ha concebido su marca a través de estos valores, desafiando las percepciones tradicionales de la industria de la moda.

Impulsada por crear conciencia medioambiental a través de su marca personal, Stella ha dirigido todos sus esfuerzos hacia ese objetivo. A diferencia de otras firmas, su

compromiso se ve reflejado en las diferentes estrategias adoptadas. Por una parte, realiza grandes inversiones en alternativas *cruelty-free* y por otra, innova en materiales, procesos y en prácticas regenerativas de recursos para la creación de sus textiles. Además, está totalmente involucrada en la consecución de una Economía Circular, en la que sus prendas nunca serán consideradas desechos, y la transparencia es el pilar fundamental de su marca, pudiendo encontrar todos los objetivos sostenibles con los que está comprometida de manera clara y accesible en su página web.

Junto con las acciones recientemente expuestas, la diseñadora co-fundó en 2022 “*Collab SOS Fund*”, invirtiendo 200 millones de dólares en una amplia lista de *startups* y empresas con las que colabora, las cuales desarrollan los textiles para sus colecciones a través de la innovación tecnológica (Chan, 2023). En su página web, se encuentran todas ellas, las características innovadoras de cada una, el material novedoso propuesto y la implementación en sus colecciones (*Sustainability*, s. f.).

En primer lugar, colabora con SÖKTAS, una empresa dedicada a la producción de algodón regenerativo para productos textiles de lujo, que aparte de mitigar los perjuicios derivados del cultivo de algodón orgánico, consigue regenerar el terreno, la fertilidad, la biodiversidad y la eficiencia de agua del mismo. Ambas empresas cuentan con la tecnología *blockchain* de UNECE, empresa proveedora de una red interconectada que proporciona información a través de certificaciones, que principalmente monitorizan la biodiversidad y documentan ratios como los gases emitidos por el cultivo de algodón.

Stella McCartney ha adoptado una filosofía comprometida con la sostenibilidad al utilizar cuero vegano en muchas de sus colecciones, excluyendo por completo el cuero de origen animal. Para lograrlo, la marca ha empleado diversos recursos innovadores de origen natural. Por una parte, en colaboración con la empresa vinícola Veuve Clicquot, la firma desarrolla VEGEA, una alternativa vegetariana, regenerativa y circular creada a partir de desechos de uva. Si bien no es 100% vegetariana, la producción de este cuero produce “un 40% menos de impacto en el calentamiento global, así como una reducción del 50% en el uso de agua en comparación con las alternativas al cuero basadas en

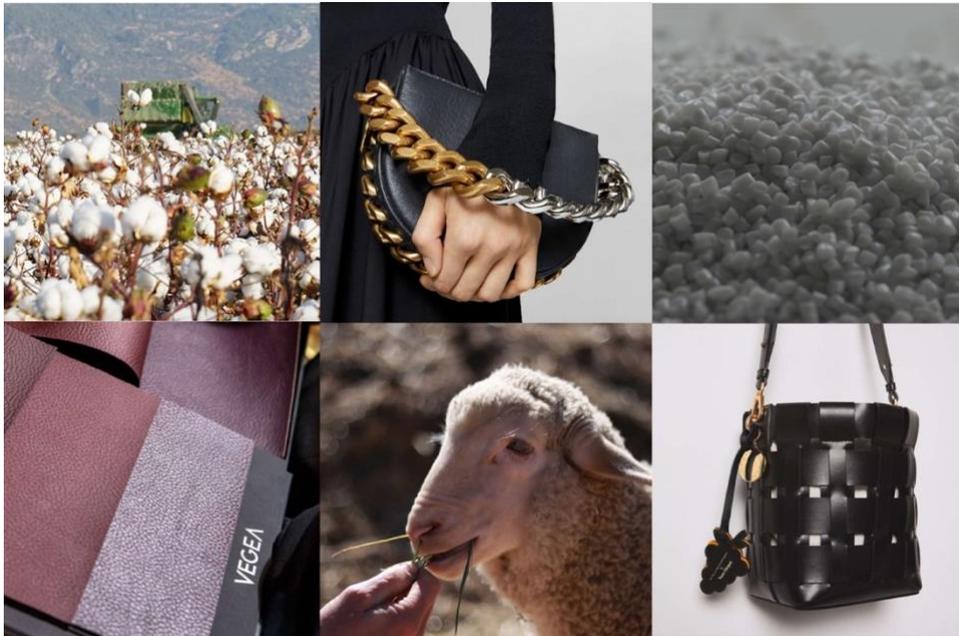
combustibles fósiles”. Los primeros seis accesorios diseñados con el textil debutaron en la *Fashion Week* de París que anticipa las tendencias de la temporada “Verano 2024”. Por otra parte, la innovación tecnológica ha llevado a la marca a desarrollar otras opciones de cuero vegano. En colaboración con Mylo, se crea a través de hongos, y en colaboración con Mirum, mediante algodón regenerativo y otros materiales veganos. Este último, además de ser vegano, es confeccionado libre de plásticos, de petróleo y de agua.

Adicionalmente, emplea lana completamente trazable proveniente de su granja generativa NATIVA. Otra innovación en su gama de lanas deriva del procesamiento de algas, en colaboración con Kelsun. La selección del Cashmere utilizado para las prendas se realiza a mano de entre desechos y debe ser reciclado en su totalidad cumpliendo unos estándares concretos sostenibles, prohibiendo entre otras prácticas que pueda ser re-tintado.

La seda, en cambio, se crea tecnológicamente, aunque se espera que en el futuro provenga de fuentes naturales como la tela de araña o sacos de polillas. Finalmente, siendo consciente de que un alto porcentaje de la industria emplea metales que intoxican el mar, Stella invierte en metal *low impact* o busca alternativas sostenibles para su fabricación.

Un total de 15 materiales, entre ellos los expuestos con anterioridad, fueron expuestos en la Conferencia Climática COP28 de las Naciones Unidas, en su mercado sostenible titulado “Innovando las soluciones de mañana” (*COP28: Stella McCartney’s Sustainable Market and Charting a Path Forward*, 2023). Cabe destacar que el espacio dedicado a la marca fue diseñado y construido de manera sostenible mediante la impresión 3D con materiales absorbentes de carbono de la marca PURE.TECH.

**Figura 7.** Empresas y startups con las que colabora Stella McCartney. De izquierda a derecha: SÖKTAS, Mylo, Protein Evolution, VEGEA, NATIVA y Veuve Clicquot.



**Fuente.** *Sustainability* (s. f.). Stella McCartney

En lo que respecta a las prácticas sostenibles que van más allá de la innovación textil, Stella McCartney expresa estar segura de utilizar los mismos proveedores textiles que sus competidores de la industria del lujo. Sin embargo, considera que su organización temprana le permite actuar de forma más eficiente, consiguiendo que los recursos sean transportados de manera sostenible, reduciendo al máximo el uso de pesticidas en el proceso (Muñoz, 2022). Asimismo, su política de embalajes ampara su compromiso medioambiental. La marca comparte a través de su página web “*Sustainability*”, el empleo de métodos innovadores en sus paquetes y bolsas físicas, pues hace uso de papeles totalmente reciclados y compostados, evitando el uso de plásticos y papel virgen. Otra de sus colaboraciones, es con Canopy, esencial para lograr la creación de estrategias de *Marketing* orientadas hacia la comunicación de las metas sostenibles de la marca.

En la etapa *end-of-life* o postventa, toma presencia el trabajo de *Protein Evolution*, una empresa de reciclaje que mediante IA selecciona plástico en diferentes productos para

transformarlos en nuevas fibras y textiles. En su página web, McCartney dedica también un artículo entero a *Clevercare*, una plataforma de contenido audiovisual encargada de proponer métodos para el cuidado de las prendas. Entre las recomendaciones, encontramos técnicas de lavado, temperatura, secado, secado en seco y planchado. Stella personalmente, destaca la importancia de "lavar menos y ventilar más" para prolongar la vida útil de las prendas (Sánchez, 2019).

Como se observa a lo largo de su Cadena de Valor, la circularidad forma parte de los pilares de la firma. A través de la biotecnología en las primeras fases, Stella innova en la creación materiales con propiedades especiales que reducen la necesidad de lavados y aumentan su durabilidad en el tiempo, generando que los textiles tengan una vida eterna. Además, la implementación de sistemas inteligentes que permiten la trazabilidad de sus productos desde el origen, junto con las técnicas de reciclaje fibra por fibra, permiten crear prendas como su nueva parka 100% circular. El objetivo es que, cuando la prenda agote su uso, los clientes puedan llevarla a una tienda de la marca o hacer uso de un QR para enviarla por correo, para el reciclaje de sus fibras que se convertirán en nuevas prendas (Chan, 2023).

A pesar de su éxito, la diseñadora expresa su insatisfacción con la industria de la moda. Es por ello que, aprovechando la COP28, actuó en representación del sector y realizó tres requerimientos para mejorar su impacto medioambiental: abogar por el cambio de políticas y regulaciones sostenibles, apoyar el bienestar de las personas y de los animales, y construir una coalición global entre gobiernos y empresas que inviertan en materiales y procesos sostenibles.

En un contexto donde la moda ha estado ligada a prácticas perjudiciales para el Medio Ambiente y condiciones laborales, Stella McCartney ha demostrado que es posible crear una marca de lujo sin sacrificar dichos principios éticos. Todos sus esfuerzos, permiten a la diseñadora afirmar para la el artículo de Chan (2023) que "se pueden sustituir los negocios nocivos por negocios limpios", esfuerzos que han llevado a la marca a convertirse a día de hoy en una de las principales dentro de la industria del lujo textil a nivel global.

## 6. CONCLUSIONES

El sector textil tradicional tiene la urgente necesidad de transicionar hacia una industria sostenible desde un punto de vista ético y medioambiental. Para garantizar su supervivencia a largo plazo, la misma debe transformar por completo la Cadena de Valor, y concretamente la Cadena de Suministro y el Ciclo de Vida Textil. Para ello, en primer lugar, deben introducirse nuevos conceptos como *Slow Fashion*, materiales reciclados o moda circular, que inspiren a las propias firmas en sus estrategias y procesos creativos.

En un futuro cercano, la moda sólo será sostenible a través de estrategias lideradas por sistemas inteligentes. Por ello, la industria debe aprovechar las ventajas proporcionadas por la evolución tecnológica, específicamente haciendo uso de sistemas inteligentes y autónomos capaces de generar respuestas adaptadas e innovadoras ante escenarios inesperados. Estos sistemas, conocidos como IAG, serán la herramienta fundamental del sector textil, pues la convertirán en un agente activo en la lucha a favor del Medio Ambiente.

El proceso de Moda Circular comienza en la fase de diseño, donde se dota de nueva vida a las prendas. El diseño generativo se encarga de crear colecciones mediante el análisis de información del mercado, escaneando miles de datos e imágenes provenientes de diversas fuentes. Además de desmaterializar las prendas y generar diseños únicos, es capaz de convertirlas en piezas con valor añadido, diseñadas desde una intención sostenible que pone el foco en las fases posteriores y, sobre todo en la fase final de vida, tratando de que nunca sean consideradas desechos.

El enfoque circular, propone el movimiento continuo de los textiles, luego antes de considerar la utilización de materiales vírgenes, la IAG investiga nuevos métodos de reciclaje de fibras provenientes de desechos o de recursos naturales sostenibles. Por otra parte, los procesos biotecnológicos con base en sistemas inteligentes, investigan la generación de textiles y fibras innovadoras. Asimismo, se desarrollan nuevos métodos de cultivo para explorar la posibilidad de transformar espacios “no cultivables” en

cultivables, favoreciendo el uso de materiales locales, reduciendo las cifras de transporte y de distribución. Sin embargo, la sostenibilidad no se limita únicamente al origen de las materias primas, sino que las propias técnicas de cultivo, de investigación y de reciclaje deben respaldar dichos principios sostenibles y éticos.

Otra de las grandes aplicaciones de la IAG se encuentra en el análisis predictivo, que, junto con el *ML* y el *DL*, se encarga de la recopilación, almacenamiento y procesamiento de datos. Éste análisis sirve como herramienta de anticipación en múltiples fases del proceso. En primer lugar, predice la demanda y las tendencias de la próxima temporada, ayudando a optimizar los planes de distribución y logística y proponiendo prácticas como la producción bajo demanda. En segundo lugar, predice la necesidad de mantenimiento de la maquinaria automatizada y de los posibles errores productivos, suponiendo un ahorro de los recursos inutilizados para las empresas.

La clave para el éxito de una prenda circular se encuentra en la longevidad de su vida. Por ello, uno de los objetivos principales de las firmas se encuentra en proporcionar a las piezas la mayor durabilidad posible, tanto técnica como psicológica. Para ello, es imprescindible que la industria haga uso de las técnicas de personalización y customización, así como del *try-on* virtual a través de avatares para evitar la sobreproducción y devolución de prendas. Por su parte, las experiencias sensoriales e inmersivas en la fase de *Retail* ayudan a sensibilizar al público, que tras ser segmentado, recibe tanto contenido personalizado como recomendaciones sostenibles de compra, esenciales para impulsar las decisiones de compra conscientes.

Un proceso circular requiere de un sistema de información masivo e interconectado que permita la trazabilidad de las prendas, desde el origen de los materiales hasta los puntos de venta. Es por ello que, entre otras prácticas, la IAG deberá apoyar tras su lanzamiento la implementación del Pasaporte Digital del Producto, a través de la monitorización y certificación continua. Además, este sistema podrá cuantificar el impacto real de las prendas, y contribuirá a la lucha contra el *Greenwashing*, mostrando una imagen real y fiable de las prácticas de la marca.

No obstante, la implementación de la IAG en la Cadena de Valor Textil debe basarse en un equilibrio entre las decisiones tomadas por la tecnología inteligente y las derivadas de la subjetividad humana. Actualmente, la intervención humana sigue siendo necesaria, ya que las decisiones adoptadas sobre datos pasados y objetivos pueden generar mensajes discriminatorios que compartan un mensaje contrario a los valores de la empresa. Adicionalmente, se debe considerar que si bien la IAG ofrece grandes ventajas a la hora de mitigar sus impactos negativos en el Medio Ambiente, también son muchos los efectos indirectos que surgen, principalmente del entrenamiento de los sistemas y de la necesidad de conexión simultánea de todos los dispositivos móviles, que pueden llegar a impactar incluso de manera más agresiva en el mismo.

Más allá de las firmas, son múltiples agentes los que deben actuar activamente en la transformación de la Cadena de Valor Textil. Esto incluye a legisladores e inversores, pues se requieren altos importes de financiación para continuar con la investigación tecnológica, así como el desarrollo de una legislación regular que respalde las prácticas sostenibles. Además, los consumidores, también deben mostrar un compromiso proactivo con la causa, siendo su rol imprescindible para evolucionar hacia hábitos de compra conscientes. Esto implica abandonar los patrones de sobreconsumo y fomentar la apreciación y valorización de las prendas.

En resumen, la transformación necesaria en la industria textil no consiste solo en la capacidad de generar un impacto positivo en el Medio Ambiente, sino también en la voluntad de cambio por parte de las firmas textiles. Esto implica que las empresas no solo deben considerar la potencialidad técnica de la IAG en la Cadena de Valor Textil, sino también asumir un compromiso real con la adopción de prácticas éticas y sostenibles. En consecuencia, considerando todas las utilidades y beneficios expuestos a lo largo del trabajo, llegamos a la conclusión de que la implementación de la IAG en la industria textil puede lograr un impacto positivo en el Medio Ambiente sin comprometer su competitividad como industria.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- About Stella.* (s. f.). Stella McCartney. Recuperado 15 de enero de 2024, de <https://www.stellamccartney.com/gb/en/stellas-world/about-stella-mccartney.html>
- Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Artículo 2º. 12 de diciembre de 2015. [https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)
- Ahmed, M. E. (2023). Artificial intelligence (AI) in Garment design: Opportunities and Challenges in the Ready-Made Garments (RMG) Sector of Bangladesh. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4575301>
- Akram, S. V., Malik, P. K., Gehlot, A., Gehlot, A., Juyal, A., Ghafoor, K. Z., & Shrestha, S. (2022). Implementation of Digitalized Technologies for fashion Industry 4.0: Opportunities and challenges. *Scientific Programming*, 2022, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2022/7523246>
- Alwan, H. B., & Ku-Mahamud, K. R. (2020). Big data: definition, characteristics, life cycle, applications, and challenges. *IOP conference series*, 769(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/769/1/012007>
- AMP Robotics (s. f.). *Artificial Intelligence*. <https://www.amprobotics.com/artificial-intelligence>
- Arora, N., Ensslen, D., Fiedler, L., Liu, W. W., Robinson, K., Stein, E., & Schüler, G. (2021). *The value of getting personalization right-or wrong-is multiplying*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-value-of-getting-personalization-right-or-wrong-is-multiplying>
- Arthur, R. (2018). Artificial intelligence empowers designers in IBM, Tommy Hilfiger and FIT collaboration. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/rachelarthur/2018/01/15/ai-ibm-tommy-hilfiger/?sh=726ad9bd78ac>
- Bain, M. (2023). *Case Study | The complete playbook for generative AI in fashion*. The Business of Fashion. <https://www.businessoffashion.com/case->

[studies/technology/generative-ai-playbook-machine-learning-emerging-technology/](#)

- Balchandani, A., Berg, A., Rölkens, F., Amed, I., & André, S. (2022). *The State of Fashion 2023: Holding onto growth as global clouds gather*. McKinsey & Company y The Business of Fashion. <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/state-of-fashion-archive#/download/%2F~%2Fmedia%2Fmckinsey%2Findustries%2Fretail%2Four%20insights%2Fstate%20of%20fashion%2F2023%2Fthe-state-of-fashion-2023-holding-onto-growth-as-global-clouds-gathers-vf.pdf%3FshouldIndex%3Dfalse>
- Balchandani, A., Barrelet, D., Berg, A., D'Auria, G., Rölkens, F., Starzynska, E., & Amed, I. (2023). *The State of Fashion 2024: Finding pockets of growth as uncertainty reigns*. McKinsey & Company y The Business of Fashion. <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/state-of-fashion#/download/%2F~%2Fmedia%2Fmckinsey%2Findustries%2Fretail%2Four%20insights%2Fstate%20of%20fashion%2F2024%2Fthe-state-of-fashion-2024.pdf%3FshouldIndex%3Dfalse>
- Banerjee, S. S., Mohapatra, S., & Saha, G. K. (2021). Developing a framework of artificial intelligence for fashion forecasting and validating with a case study. *International Journal of Enterprise Network Management*, 12(2), 165. <https://doi.org/10.1504/ijenm.2021.10039608>
- Bandi, A., Adapa, P. V. S. R., & Kuchi, Y. E. V. P. K. (2023). The power of Generative AI: a review of requirements, models, Input–Output formats, evaluation metrics, and challenges. *Future Internet*, 15(8), 260. <https://doi.org/10.3390/fi15080260>
- BAYER. (2023). *How Has Technology Changed Agriculture?* <https://www.bayer.com/en/agriculture/article/technology-agriculture-how-has-technology-changed-farming>
- Bertram, R. F., & Chi, T. (2017). A study of companies' business responses to fashion e-commerce's environmental impact. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 11(2), 254-264. <https://doi.org/10.1080/17543266.2017.1406541>
- Biehlmann, P. (2023). 'You've got to be data-driven': the fashion forecasters using AI to predict the next trend. *The Guardian*.

<https://www.theguardian.com/technology/2023/oct/01/ai-artificial-intelligence-fashion-trend-forecasting-style>

Casciani, D., Chkanikova, O., & Pal, R. (2022). Exploring the nature of digital transformation in the fashion industry: opportunities for supply chains, business models, and sustainability-oriented innovations. *Sustainability : Science, Practice and Policy*, 18(1), 773-795. <https://doi.org/10.1080/15487733.2022.2125640>

Chan, E. (2023, 9 enero). «Podemos sustituir los negocios nocivos por negocios limpios»: Stella McCartney nos cuenta qué espera de la industria de la moda en 2023. *VOGUE Spain*. <https://www.vogue.es/moda/articulos/stella-mccartney-sostenibilidad-moda-2023>

Chopra, S. S., Liang, D., Kaur, G., Lens, C., & Lin, C. S. K. (2023). Sustainable Process Design for Circular fashion: Advances in sustainable chemistry for textile waste valorisation. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 39, 100747. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100747>

Circularidad y uso eficiente de los recursos. (2017). En *Inditex*. [https://static.inditex.com/annual\\_report\\_2017/assets/pdf/c6\\_es.pdf](https://static.inditex.com/annual_report_2017/assets/pdf/c6_es.pdf)

COP28: Stella McCartney's Sustainable Market and Charting a Path Forward. (2023, 1 diciembre). Stella McCartney. Recuperado 15 de enero de 2024, de <https://www.stellamccartney.com/us/en/COP28-UN-climate-conference-stellas-sustainable-market.html>

de Pereda, V. (2021). EL SECTOR DE LA MODA - Una visión internacional (Diputación Foral de Gipuzkoa & Green Fashion, Eds.). <https://www.gipuzkoa.eus/documents/3767975/25421149/61+%40Vision+internacional+-+Cast.pdf/db4c9137-83f9-809d-ebc2-501fb93c4f03?t=1659356381784>

Douglass, R. (2023). *Todo lo que necesitas saber sobre el próximo pasaporte digital de productos de la UE*. FashionUnited. <https://fashionunited.es/noticias/empresas/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-proximo-pasaporte-digital-de-productos-de-la-ue/2023083041438>

ECOALF. (s. f.). *Upcycling the oceans*. <https://ecoalf.com/pages/upcycling-the-oceans>

Edwards, C. (2023). *What is greenwashing?* Business News Daily. <https://www.businessnewsdaily.com/10946-greenwashing.html>

- EIT Innovation Communities. (2021). *Emerging AI and Data Driven Business Models in Europe*.  
[https://eit.europa.eu/sites/default/files/emerging\\_ai\\_and\\_data\\_driven\\_business\\_models\\_in\\_europe\\_final.pdf](https://eit.europa.eu/sites/default/files/emerging_ai_and_data_driven_business_models_in_europe_final.pdf)
- Ellen MacArthur Foundation. (2020). *Vision of a circular economy for fashion*.  
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/our-vision-of-a-circular-economy-for-fashion>
- Ellen MacArthur Foundation & Google. (2019). Artificial Intelligence and the Circular Economy - AI as a tool to accelerate the transition. En *Ellen MacArthur Foundation*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/artificial-intelligence-and-the-circular-economy>
- Fleck, A. (2023). *The hidden carbon footprint of the fashion industry*. Statista Daily Data.  
<https://www.statista.com/chart/30169/carbon-emissions-from-business-travel-to-fashion-shows/>
- Gartner. (2022). *Gartner unveils top predictions for IT organizations and users in 2023*.  
<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-10-18-gartner-unveils-top-predictions-for-it-organizations-and-users-in-2023-and-beyond>
- Ghoreishi, M., Happonen, A., & Pynnönen, M. (2020). *Exploring industry 4.0 technologies to enhance circularity in textile industry: role of internet of things*. Twenty-first International Working Seminar on Production Economics (pp. 1-16).  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.3471421>
- Gómez, E. (2022). Machine learning vs. Deep learning. *Tecnología++*. *El blog de los Estudios de Informática, Multimedia y Telecomunicación de la UOC*. <https://blogs.uoc.edu/informatica/machine-learning-vs-deep-learning-diferencias/>
- Google Cloud. (s. f.). *Artificial intelligence (AI) vs. machine learning (ML)*.  
<https://cloud.google.com/learn/what-is-artificial-intelligence>
- Guo, Z., Zhu, Z., Li, Y., Cao, S., Chen, H., & Wang, G. (2023). AI Assisted Fashion Design: a review. *IEEE Access*, 11, 88403-88415.  
<https://doi.org/10.1109/access.2023.3306235>

- Hao, K. (2020). *Here are 10 ways AI could help fight climate change*. MIT Technology Review. <https://www.technologyreview.com/2019/06/20/134864/ai-climate-change-machine-learning/>
- Harreis, H., Koullias, T., Roberts, R., & Te, K. (2023). *La IA generativa: Libere el futuro de la moda*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/destacados/la-ia-generativa-libere-el-futuro-de-la-moda/es>
- Ikram, M. (2022). Transition toward green Economy: Technological Innovation's role in the fashion industry. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 37, 100657. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100657>
- Invertia. (2021, 19 enero). Zara Home reinventa su imagen global con tiendas inteligentes y sostenibles. *El Español*. [https://www.elespanol.com/invertia/empresas/distribucion/20210119/zara-home-reinventa-imagen-tiendas-inteligentes-sostenibles/552445352\\_0.html](https://www.elespanol.com/invertia/empresas/distribucion/20210119/zara-home-reinventa-imagen-tiendas-inteligentes-sostenibles/552445352_0.html)
- Kaack, L. H., Chen, G. H., & Morgan, M. G. (2019). Truck Traffic Monitoring with Satellite Images. *COMPASS '19: Proceedings of the 2nd ACM SIGCAS Conference on Computing and Sustainable Societies*, 155-164. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3314344.3332480>
- Keßler, L., Matlin, S. A., & Kümmerer, K. (2021). The contribution of material circularity to sustainability-Recycling and reuse of textiles. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 32, 100535. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2021.100535>
- Kumar Agrawal, T., Sharma, A., & Kumar, V. (2018). Blockchain-Based Secured Traceability System for Textile and Clothing Supply Chain. En S. Thomassey y X. Zeng (Eds.), *Artificial Intelligence for Fashion Industry in the Big Data Era* (pp. 197-208). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0080-6>
- KUKA AG. (s. f.). *La (r)evolución textil*. <https://www.kuka.com/es-mx/sectores/base-de-datos-de-soluciones/2022/06/robots-peque%C3%B1os-robotextile-en-la-producci%C3%B3n-textil>
- Lee, Y. K. (2021). Transformation of the innovative and sustainable supply chain with upcoming Real-Time fashion systems. *Sustainability*, 13(3), 1081. <https://doi.org/10.3390/su13031081>

- Marr, B. (2023). The difference between generative AI and traditional AI: an easy explanation for anyone. *Forbes*.  
<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/07/24/the-difference-between-generative-ai-and-traditional-ai-an-easy-explanation-for-anyone/?sh=4c20a41a508a>
- Muñoz, S. (2022, 13 septiembre). Stella McCartney cumple 51 años: la diseñadora que se adelantó a la moda ecosostenible. *HARPERS BAZAR*.  
<https://www.harpersbazaar.com/es/moda/noticias-modas/a41188033/stella-mccartney-disenadora-moda-sostenible-bio/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2015). *Objetivos y metas de Desarrollo sostenible - Desarrollo sostenible*.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Parlamento Europeo. (2020). *¿Qué es la inteligencia artificial y cómo se usa?*.  
<https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20200827STO85804/que-es-la-inteligencia-artificial-y-como-se-usa>
- Patterson, D. A., Gonzalez, J. E., Le, Q. V., Chen, L., Munguía, L., Rothchild, D., So, D. R., Texier, M., & Dean, J. (2021). Carbon emissions and large neural network training. *arXiv (Cornell University)*. <https://arxiv.org/pdf/2104.10350>
- Pesticide Action Network UK. (2023). *Are fashion retailers and brands supporting the sustainable cotton sector?*. <https://www.pan-uk.org/are-fashion-retailers-and-brands-supporting-the-sustainable-cotton-sector/>
- Rathore, B. (2017a). Sustainable Fashion Marketing: AI-Powered Solutions for Effective Promotions. *International Journal of New Media Studies: International Peer Reviewed Scholarly Indexed Journal*, 4(2), 70-80.  
<https://doi.org/10.58972/eiprmj.v4i2y17.110>
- Rathore, B. (2017b). Aligning Profitability and Environmental Responsibility: A study on Sustainable marketing Strategies. *International Peer Reviewed/Refereed Multidisciplinary Journal*, 6(2), 7-15.  
<https://eduzonejournal.com/index.php/eiprmj/article/view/340>
- Rathore, B. (2019a). Fashion Sustainability in the AI Era: Opportunities and Challenges in Marketing. *International Peer Reviewed/Refereed Multidisciplinary Journal*,

<https://www.eduzonejournal.com/index.php/eiprmi/article/view/362>

Rathore, B. (2019b). Artificial Intelligence in Sustainable Fashion Marketing: Transforming the Supply Chain Landscape. *International Peer Reviewed/Refereed Multidisciplinary Journal*, 8(2), 25-38.

<https://eduzonejournal.com/index.php/eiprmi/article/view/363>

Ribul, M., Lanot, A., Pisapia, C. T., Purnell, P., McQueen-Mason, S. J., & Baurley, S. (2021). Mechanical, chemical, biological: moving towards closed-loop bio-based recycling in a circular economy of sustainable textiles. *Journal of Cleaner Production*, 326, 129325. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129325>

Roberts-Islam, B. (2020). Social sustainability, Overstock and 'Greenwashing': How COVID-19 is changing the fashion industry. *Forbes*.

<https://www.forbes.com/sites/brookerobertsislam/2020/04/21/social-sustainability-overstock-and-greenwashing-how-covid-19-is-changing-the-fashion-industry/?sh=b44831d582d3>

Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., Kochanski, K., Lacoste, A., Sankaran, K., Ross, A. S., Milojevic-Dupont, N., Jaques, N., Waldman-Brown, A., Luccioni, A. S., Maharaj, T., Sherwin, E. D., Mukkavilli, S. K., Kording, K. P., Gomes, C. P., Ng, A. Y., Hassabis, D., Platt, J., . . . Bengio, Y. (2019). Tackling climate change with machine learning. *ACM Computing Surveys*, 55, 42. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1906.05433>

Routley, N. (2023). *What is generative AI? an AI explains*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2023/02/generative-ai-explain-algorithms-work/>

Sánchez, J. (2019, 10 julio). Por qué Stella McCartney no quiere que laves su ropa. *VANITY FAIR*. <https://www.revistavanityfair.es/lujo/moda/articulos/stella-mccartney-no-lavar-su-ropa/39273>

Sareen, S. (2022). The AI Couturiers: Redefining Fashion with Artificial Intelligence. *Scandinavian Journal of Information Systems*, 34(2), 186-189. <http://siiscandinavian-iris.com/index.php/sjis/article/view/647>

SAS. (2023). *Big Data. The basics of what it is and why it matters*. <https://www.sas.com/content/dam/SAS/documents/infographics/2019/en-big-data-110869.pdf>

- Schwab, K. (2020). La Cuarta Revolución Industrial. *Futuro Hoy*, 1(1), 6–10.  
<https://futurohoy.ssh.org.pe/wp-content/uploads/2020/12/Schwab-Klaus-2020.-La-Cuarta-Revolucion-Industrial.-Futuro-Hoy.-Vol.1-Nro.1.pdf>
- Science Based Targets. (2023). *Companies taking action*. Recuperado el 4 de noviembre de 2023, de <https://sciencebasedtargets.org/companies-taking-action#how-often-is-the-target-dashboard-updated>
- Slow Fashion Next. (s. f.). *9 razones por las que la Moda será Sostenible (de verdad) sí o también*. [https://slowfashionnext.com/wp-content/uploads/2023/01/EBOOK\\_Slow\\_fashion\\_next.pdf](https://slowfashionnext.com/wp-content/uploads/2023/01/EBOOK_Slow_fashion_next.pdf)
- Slow Fashion Next. (s. f.). *Una nueva fórmula de fast-fashion sostenible*. <https://slowfashionnext.com/blog/que-es-fast-fashion-caracteristicas/>
- Stokel-Walker, C. (2023). *TechScape: Turns out there's another problem with AI – its environmental toll*. *the Guardian*.  
<https://www.theguardian.com/technology/2023/aug/01/techscape-environment-cost-ai-artificial-intelligence>
- Sustainability. (s. f.). Stella McCartney. Recuperado 15 de enero de 2024, de <https://www.stellamccartney.com/es/en/sustainability/sustainability.html>
- The UN Alliance for Sustainable Fashion. (2023). *What is the UN Alliance for Sustainable Fashion?* Recuperado el 25 de octubre de 2023, de <https://unfashionalliance.org/>
- United Nations. (s. f.). *Greenwashing – The deceptive tactics behind environmental claims*. <https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/greenwashing>
- United Nations Climate Change & Carbon Disclosure Project. (2023). *Fashion Industry Charter for Climate Action. Progress Report 2023*.  
<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/230329%20BLS23055%20UCC%20Climate%20Action%202023%20v06.pdf>
- United Nations Environment Programme. (2023). *Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain - a global roadmap*. One Planet network.  
<https://www.oneplanetnetwork.org/knowledge-centre/resources/sustainability-and-circularity-textile-value-chain-global-roadmap>

- UNIR. (2022). *Fast fashion: ¿Cuál es su futuro en el sector de la moda?*. <https://www.unir.net/marketing-comunicacion/revista/fast-fashion/>
- Universidad Pablo de Olavide. (2023). *Sistema de inteligencia artificial para predecir fallos y averías en las máquinas*. <https://www.upo.es/upotec/catalogo/energia-y-medioambiente/sistema-inteligente-predecir-fallos-maquinaria/>
- What is Machine Learning?* (s. f.). IBM. <https://www.ibm.com/topics/machine-learning>
- Yalcin-Enis, I., Kucukali-Ozturk, M., & Sezgin, H. (2019). Risks and management of textile waste. En Gothandam, K., Ranjan, S., Dasgupta, N., Lichtfouse, E. (Eds.), *Environmental chemistry for a sustainable world* (pp. 29-53). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-97922-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-97922-9_2)