



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
ICADE

SOSTENIBILIDAD Y TECNOLOGÍA: LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL COMO HERRAMIENTA DE CAMBIO

Autor: Elena María Zaragoza
Director: Carmen Fullana Bleda

MADRID | Marzo 2025

Elena
María
Zaragoza

**SOSTENIBILIDAD Y TECNOLOGÍA: LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL
COMO HERRAMIENTA DE CAMBIO**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen	2
Palabras Clave	5
Abstract	6
Key words.....	6
Acrónimos.....	5
Índice de figuras.....	8
Índice de tablas	9
1. Introducción.....	10
1.1 Objetivos.....	10
1.2 Justificación e interés del tema.....	11
1.3 Metodología.....	12
1.4 Estructura	14
2 Marco teórico.....	16
2.1 Definición y origen de la inteligencia artificial	16
2.2 Normativa europea	21
2.3 Contexto de la aplicación de la inteligencia artificial en la sostenibilidad	22
2.3.1 Evolución de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) y su aplicación en la IA.....	24
3. Aplicación de la inteligencia artificial en entornos empresariales.....	27
3.1 Amazon	28
3.1.1 Historia en el uso de la inteligencia artificial en Amazon	28
3.1.2 Estrategias sostenibles a través de la IA	30
3.1.3 Contribución a los ODS.....	38
3.1.4 Huella de carbono de Amazon	39
3.2 Microsoft.....	43
3.2.1 Historia en el uso de la inteligencia artificial en Microsoft	44
3.2.2 Estrategias sostenibles a través de la IA	46
3.2.3 Contribución a los ODS.....	52
3.2.4 Huella de carbono de Microsoft.....	53
3.3 Análisis comparativo	54

4. Resultados.....	57
4.1 Aplicación a los ODS y estrategias.....	57
4.2 Encuesta y entrevista.....	58
5. Conclusiones.....	62
6. Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa.....	64
7. Bibliografía.....	65
8. ANEXOS.....	87

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado explora el impacto de la inteligencia artificial (IA) en la sostenibilidad empresarial, con un enfoque en las estrategias implementadas por Amazon y Microsoft. La creciente crisis climática y el compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) han impulsado a las empresas a buscar soluciones innovadoras para reducir su huella de carbono y mejorar la eficiencia energética. En este contexto, la IA se posiciona como una herramienta clave para optimizar recursos y transformar los modelos operativos de las compañías.

A lo largo del estudio, se examina cómo estas empresas han integrado IA en sus estrategias sostenibles, así como los desafíos que enfrentan en su implementación. Si bien la IA ofrece soluciones innovadoras, también plantea retos como el alto consumo energético y la necesidad de un marco regulatorio que garantice su uso responsable.

Para ello, se emplea un enfoque que combina el análisis de informes de sostenibilidad y datos ambientales con encuestas y entrevistas a expertos del sector. Los hallazgos reflejan el potencial de la IA como motor de transformación hacia modelos empresariales más sostenibles, aunque su impacto dependerá del compromiso de las empresas y del desarrollo de políticas que favorezcan su implementación eficaz.

Palabras Clave

Sostenibilidad, Inteligencia Artificial (IA), Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), Iniciativas empresariales, Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Abstract

This Final Degree Project explores the impact of artificial intelligence (AI) on corporate sustainability, focusing on the strategies implemented by Amazon and Microsoft. The growing climate crisis and the commitment to the Sustainable Development Goals (SDGs) have driven companies to seek innovative solutions to reduce their carbon footprint and improve energy efficiency. In this context, AI is positioned as a key tool for optimizing resources and transforming business operating models.

Throughout the study, the integration of AI into corporate sustainability strategies is examined, along with the challenges associated with its implementation. While AI provides innovative solutions, it also presents challenges such as high energy consumption and the need for a regulatory framework to ensure its responsible use.

To address these aspects, the research combines the analysis of sustainability reports and environmental data with surveys and interviews with industry experts. The findings highlight AI's potential as a driver of transformation towards more sustainable business models, although its impact will depend on corporate commitment and the development of policies that promote its effective implementation.

Key words

Sustainability, Artificial Intelligence (AI), Greenhouse Gas Emissions (GHG), Corporate Initiatives, Sustainable Development Goals (SDGs).

Acrónimos

ASI: Artificial Superintelligence

AWS: Amazon Web Services

CSRD: Corporate Sustainability Reporting Directive

EPA: Environmental Protection Agency

GEI: Gases de efecto invernadero

GHG: Greenhouse Gas Protocol

GSF: Green Software Foundation

IA: Inteligencia Artificial

IEA: International Energy Agency

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

IRENA: International Renewable Energy Agency

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU: Organización de Naciones Unidas

PIB: Producto Interior Bruto

PNNL: Pacific Northwest National Laboratory

PPA: Power Purchase Agreement

SEC: Securities and Exchange Commission

TI: Tecnologías de la información

WEF: World Economic Forum

WBCSD: World Business Council for Sustainable Development

WRI: World Resources Institute

Índice de figuras

Figura 1: Inversión en innovación y desarrollo en función del porcentaje de PIB por países	19
Figura 2: Porcentaje de empresas en Europa que adoptan nuevas tecnologías	21
Figura 3: Progreso en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) basado en datos de 2015-2024.....	24
Figura 4: % de Energía renovable en Amazon (2019-2023)	31

Índice de tablas

Tabla 1: Proyectos de energía renovable de Amazon	32
Tabla 2: Comparativa entre coche de gasolina y eléctrico	34
Tabla 3: Indicadores digitales y consumo energético global (2015-2022)	35
Tabla 4: Aplicación de los ODS en Amazon	39
Tabla 5: Huella de carbono Amazon.....	42
Tabla 6: Acuerdos PPA Microsoft.....	50
Tabla 7: Aplicación de los ODS en Microsoft	52
Tabla 8: Huella de carbono Microsoft	53
Tabla 9: Análisis comparativo entre Amazon y Microsoft	55

1. Introducción

En los últimos años, la Inteligencia Artificial (IA), ha emergido como una herramienta clave en la transformación digital de las empresas, proporcionando soluciones para mejorar la eficiencia operativa, optimizar recursos y reducir el impacto ambiental. Al mismo tiempo, la creciente preocupación por el cambio climático, la escasez de recursos y la responsabilidad social corporativa ha llevado a las organizaciones a replantear sus modelos de negocio en favor de la sostenibilidad. En este contexto, la IA se presenta como una aliada estratégica para desarrollar iniciativas empresariales que no solo sean rentables, sino que también contribuyan a la preservación del medio ambiente y al bienestar social.

1.1 Objetivos

Los objetivos del presente trabajo de investigación se centran en varios aspectos clave relacionados con la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en el ámbito de la sostenibilidad. En primer lugar, se busca describir el concepto de inteligencia artificial y los motivos de su uso en la sostenibilidad, analizando como el entorno digital puede ayudar al cumplimiento de los 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas. Para ello, se definirá el concepto de sostenibilidad, entendida como la capacidad de garantizar un desarrollo que permita a las generaciones presentes y futuras vivir en equilibrio con el entorno, evitando la sobreexplotación de los recursos naturales y promoviendo el bienestar social y económico (Krantz & Jonjer, 2023). Asimismo, se destacarán aquellos objetivos vinculados al cambio climático, el consumo responsable de recursos y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En segundo lugar, se plantea como objetivo evaluar si las estrategias implementadas por Amazon, empresa líder en el comercio electrónico, y Microsoft, una de las compañías tecnológicas más influyentes a nivel mundial, han contribuido de manera efectiva a la reducción de su huella de carbono y a la mejora de la eficiencia energética mediante el uso de la inteligencia artificial. Para ello, se analizarán los desafíos tecnológicos y ambientales que ambas organizaciones enfrentan en la adopción de esta tecnología, así como la manera en que dichas dificultades pueden influir en su capacidad para alcanzar los objetivos propuestos.

En resumen, los objetivos son conocer si la inteligencia artificial se está utilizando como una herramienta efectiva para lograr los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y evaluar si las iniciativas implementadas por ambas empresas han contribuido a la reducción de su huella de carbono.

1.2 Justificación e interés del tema

El cambio climático constituye un problema global que exige buscar soluciones efectivas para mitigar el deterioro del medio ambiente. Según el informe más reciente del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2023), el aumento del 1,1°C en la temperatura global de la superficie, ha sido causado principalmente por el ser humano, debido al incremento descontrolado de las emisiones de gases de efecto invernadero. Este incremento, ha avanzado a un ritmo sin precedentes desde la década de 1970, registrando el cambio de temperatura más acelerado en los últimos 2000 años (IPCC, 2023). Además, estas alteraciones están contribuyendo a la degradación de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad, generando fenómenos meteorológicos extremos, como sequías, inundaciones y tormentas, con graves consecuencias sobre la seguridad alimentaria y la salud pública (IPCC, 2023). En particular, en estos últimos 10 años, el número de fallecidos por desastres climáticos fue 15 veces más alto en las regiones más vulnerables en comparación con aquellas menos expuestas (IPCC, 2023). A su vez, el nivel del mar ha aumentado 0,20 metros en el último siglo, con una aceleración notable en las últimas décadas (IPCC, 2023).

Ante estos desafíos cada vez más evidentes, la aparición disruptiva de la inteligencia artificial ha impulsado a las empresas a utilizarla como un recurso para promover prácticas sostenibles, ayudando a reducir su impacto ambiental en sus operaciones diarias. En este sentido, el presente trabajo analizará cómo Amazon y Microsoft, emplean esta tecnología para promover iniciativas sostenibles, abordando no solo los éxitos alcanzados, sino también los desafíos y limitaciones a los que se enfrentan.

1.3 Metodología

En el presente trabajo se utilizará principalmente una metodología cualitativa, aunque también se considerará la metodología cuantitativa para la realización de gráficos que resulten relevantes en el análisis.

Para el análisis cuantitativo, se recopilarán datos procedentes de informes de sostenibilidad corporativos y de organismos europeos, como la Comisión o el Consejo Europeo, entre otros. Esto permitirá evaluar tanto la situación ambiental de las empresas objeto de estudio como el contexto global. Entre los datos analizados se incluirán las emisiones de alcance 1, 2 y 3, el consumo energético y el gasto en investigación y desarrollo, entre otros indicadores. Asimismo, se hará uso de la plataforma Eurostat, la cual dispone de información estadística de la Unión Europea para analizar y comparar información entre diferentes países. Por otro lado, se utilizarán datos de las propias páginas web de las compañías, en el caso de Amazon, dispone de una página web específicamente de Sostenibilidad, contando así con grandes cantidades de datos. Finalmente, serán procesados y representados gráficamente mediante herramientas como Excel, utilizando gráficos lineales para visualizar evoluciones temporales y tablas comparativas.

En cuanto al análisis cualitativo, se llevará a cabo una entrevista con Tania Raquel García Wallen, ingeniera medioambiental de la empresa energética *Engie*. Para su selección se han considerado sus trayectorias en políticas de sostenibilidad empresarial y su participación en proyectos que integren IA. Por otro lado, la empresa ha sido elegida debido a su liderazgo en la transición hacia un modelo energético neutro en carbono y su apuesta por la innovación tecnológica. En particular, *Engie* colabora con Amazon Web Services (AWS) para impulsar su transformación digital, optimizando sus operaciones a través de su *Common Data Hub*¹ y desarrollando más de 1,000 modelos de mantenimiento predictivo basados en *machine learning* en sus centrales eléctricas, convirtiéndola en un caso de estudio idóneo para el presente análisis (Amazon Web Services, 2021a). La entrevista permitirá, profundizar el impacto generado por la IA, los desafíos enfrentados en su implementación y las prácticas que pueden aplicarse en el futuro. Asimismo, un aspecto clave de este análisis será identificar barreras menos evidentes en la adopción de

¹ Plataforma que organiza y comparte datos dentro de una empresa (Amazon Web Services, 2021).

la IA, las cuales no suelen percibirse desde una perspectiva externa, pero que pueden detectarse mediante el análisis directo de experiencias dentro de la empresa. Además, se explorará si el acceso a la IA supone un desafío económico para empresas con menos recursos, lo que podría evidenciar la necesidad de incentivos financieros y tecnológicos para democratizar su uso en sostenibilidad.

Paralelamente, se definirá una encuesta con el fin de evaluar el grado de conocimiento de las nuevas generaciones sobre la relación entre IA y sostenibilidad. En particular, se analizarán aspectos como su formación, intereses, nivel de preocupación, percepción del impacto y grado de confianza en esta tecnología, entre otros. Esta encuesta estará dirigida especialmente a los jóvenes, con una muestra aproximada de 120 participantes, dado que desempeñan un papel clave en la transformación de los hábitos de consumo y la promoción de modelos más sostenibles. Como futuros impulsores del cambio, su nivel de familiarización con la IA y su potencial en la sostenibilidad resulta crucial para garantizar una adopción efectiva de esta tecnología en distintos sectores.

A partir de los resultados obtenidos, se analizará si las nuevas generaciones comprenden el impacto de la IA y su papel en la sostenibilidad. Dado que esta tecnología será un factor determinante en el futuro, es fundamental que los jóvenes desarrollen conocimientos en su uso y aplicación. De lo contrario, podría generarse una brecha de conocimiento que dificulte la implementación efectiva de soluciones basadas en IA, afectando al cumplimiento de los ODS en el largo plazo. Adicionalmente, al tratarse del grupo que liderará las empresas y el mercado laboral en el futuro, conocer sus expectativas y percepciones sobre sostenibilidad permitirá a las organizaciones anticiparse y adaptar sus estrategias para alinearse con un entorno cada vez más comprometido con el impacto ambiental. Por lo tanto, los resultados de la encuesta permitirán identificar posibles barreras en la adopción de la IA en sostenibilidad, como la falta de formación, el desconocimiento de su impacto o la desconfianza en la tecnología. Estos factores serán analizados con el fin de proponer estrategias y recomendaciones que faciliten la integración de la IA en iniciativas de reducción de emisiones y optimización energética, contribuyendo a su uso más efectivo y generalizado de la IA en el ámbito de la sostenibilidad.

En términos generales, tanto la encuesta como la entrevista permitirán identificar y evidenciar los principales desafíos asociados a la implementación de la inteligencia artificial en las empresas y su impacto en la sostenibilidad. Al analizar las percepciones, experiencias y limitaciones existentes, será posible detectar barreras estructurales, que dificultan su adopción, especialmente para empresas con menor capacidad de inversión. A partir de estos hallazgos, se podrán proponer soluciones y medidas de apoyo que faciliten la integración de esta tecnología en el futuro, promoviendo un acceso más equitativo a la innovación y fortaleciendo el desarrollo de modelos sostenibles.

Las fuentes seleccionadas incluirán, estudios académicos, informes corporativos y normativas relevantes, entre otras, priorizando aquellas con respaldo científico y reconocimiento en el ámbito de la sostenibilidad. Asimismo, se recurrirá a informes de las Naciones Unidas, dado su influencia en la regulación de la inteligencia artificial y su enfoque en la sostenibilidad. En particular, se analizará el *"Sustainable Development Goals Report 2024"*, donde se examina el progreso hacia el cumplimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El informe identifica avances en ámbitos como la salud infantil y el acceso a servicios esenciales, pero también destaca los riesgos derivados de la pandemia, los conflictos geopolíticos y la crisis climática, factores que amenazan el logro de la Agenda 2030 (United Nations, 2024).

1.4 Estructura

El presente trabajo se divide en siete partes diferenciadas. En la primera parte se recoge la introducción, donde se presentan los diferentes los motivos por los que se realizó el trabajo junto con los objetivos clave para la investigación. También se describe la metodología empleada y la estructura del trabajo.

En la segunda parte se describe el marco teórico, en el cual se explicará el concepto y el nacimiento de la inteligencia artificial para facilitar la comprensión de su aplicación en el ámbito empresarial. Asimismo, se pretende justificar la relación de esta tecnología con la sostenibilidad, mencionando su aplicación en los ODS, las normativas que regulan su uso y la falta de digitalización en determinados países, factores clave para comprender el contexto actual.

En la tercera parte se analizan las empresas Amazon y Microsoft como casos de estudio, analizando su evolución tecnológica y su implementación de la inteligencia artificial en iniciativas de sostenibilidad. En esta sección, se examina cómo ambas empresas han integrado la IA para reducir su impacto ambiental, mejorar la eficiencia energética y desarrollar soluciones innovadoras en sus respectivas industrias. Asimismo, se detallan los desafíos tecnológicos y ambientales que enfrentan en este proceso mediante la evaluación de su contribución a los ODS y su impacto en la huella de carbono. Finalmente, se realizará un análisis comparativo entre ambas empresas ya que permitirá identificar diferencias y similitudes en la aplicación de esta tecnología. Esta comparación permitirá no solo entender qué empresa está liderando en términos de sostenibilidad e innovación, sino también extraer aprendizajes y buenas prácticas que puedan servir de referencia para el futuro desarrollo de la IA aplicada a la sostenibilidad en el sector empresarial.

En la cuarta parte se presentan los resultados de la encuesta y de la entrevista. A través de estos datos, se podrán identificar los principales desafíos y oportunidades en la adopción de esta tecnología, así como evaluar qué factores limitan o favorecen su integración en distintas empresas y sectores. A través de estos hallazgos, se examinarán los desafíos globales asociados al uso de la inteligencia artificial, centrándose en problemáticas como la desigualdad digital, que afecta de manera desproporcionada a los países emergentes o la falta de recursos para su implementación. Se explorará cómo el acceso desigual a la IA puede ampliar las brechas tecnológicas, afectando el desarrollo sostenible y limitando la capacidad de ciertas empresas para innovar en este ámbito. De esta manera, el análisis no solo permitirá comprender los retos actuales, sino también identificar soluciones y estrategias que faciliten una adopción más sostenible.

En la quinta parte, se analizan las conclusiones del estudio, donde se sintetizan los hallazgos más relevantes obtenidos a lo largo de la investigación. El estudio concluirá con la respuesta a los objetivos principales de la investigación, evaluando si la inteligencia artificial se está utilizando como una herramienta efectiva para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y si las iniciativas implementadas por ambas empresas están ayudando a reducir su huella de carbono. Esto permitirá determinar hasta qué punto la IA está contribuyendo a la transformación sostenible y qué aspectos requieren un mayor desarrollo o regulación para maximizar su potencial en el futuro.

En la última sección se recopilan todas las fuentes consultadas y citadas a lo largo de la investigación, presentadas de forma organizada y siguiendo el formato de citación elegido. Dichas fuentes incluyen, capítulos de libros, informes, artículos de revistas científicas, entre otros recursos.

2 Marco teórico

2.1 Definición y origen de la inteligencia artificial

Actualmente, el concepto de “inteligencia artificial” está presente en casi todas las noticias y periódicos, ocupando así un lugar destacado en el interés de las empresas de diferentes sectores y organismos. Pero realmente, ¿Qué se entiende por “inteligencia artificial?”

Según la Real Academia Española (2024) se puede definir cómo: “Aquella disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico”.

Se conocen tres tipos de inteligencia artificial en función de su capacidad:

- La IA débil: igualmente denominada “IA estrecha”, está diseñada para cumplir con objetivos y tareas específicas, requiriendo una programación previa. Incluye aplicaciones como asistentes virtuales, identificación de imágenes y sistemas de vehículos autónomos, entre otros (Hernández, 2023). Dentro de esta categoría se distingue la llamada “IA generativa”, cuya función principal es la creación y personalización de contenido en varios formatos como texto, imágenes, audio, video... (Hernández, 2023).
- La IA fuerte: se identifica por su avanzada capacidad de aprendizaje autónomo y la capacidad de tomar de decisiones complejas, con el objetivo de replicar las capacidades cognitivas humanas (Gobierno de España, 2023).
- La IA superinteligente: conocida por sus siglas en inglés como ASI (Artificial Superintelligence), aún no ha sido implementada dado que se encuentra en proceso de desarrollo, pero se distingue por su potencial para perfeccionar y progresar más allá del nivel de la inteligencia humana. Sin embargo, diversos

autores interpretan esta inteligencia como un potencial riesgo para la sociedad, lo que fomenta sentimientos de desconfianza y temor (Mucci y Stryker, 2023).

Es complejo determinar cuándo se produjeron los inicios de este fenómeno debido a que abarca varios siglos, pero de lo que sí se tiene conocimiento es del proyecto que facilitó su lanzamiento. En 1943, los investigadores Warren S. McCulloch y Walter Pitts desarrollaron un “modelo neuronal artificial” (Prieto et al., 2000). Este proyecto, centrado en la exploración de las redes neuronales tanto naturales como artificiales, representó uno de los primeros esfuerzos en esta área (Prieto et al., 2000). En aquel momento, no se tenía conocimiento de que dicha investigación llegaría a constituir un hito fundamental en la evolución histórica de la inteligencia artificial

En este contexto, años más tarde, un matemático inglés llamado Alan Turing, publicó en 1950, una obra denominada “Computing Machinery and Intelligence”, la cual tenía como objetivo demostrar a través de un experimento, que posteriormente sería denominado “Test de Turing”, que la lógica y la biología estaban íntimamente relacionadas (Pradilla, 2014). Dicho experimento sentó las bases de la Inteligencia Artificial al sugerir que los procesos mentales pueden ser reproducidos por máquinas. Finalmente, Turing llegó a la conclusión de que la inteligencia no era una característica exclusiva de los seres humanos y que, en principio, las máquinas podrían resolver problemas complejos y realizar tareas que anteriormente se consideraban propias de la mente humana (Pradilla, 2014). Posteriormente, los descubrimientos realizados por Turing sirvieron como inspiración para otros filósofos e informáticos, impulsándolos a profundizar las investigaciones en este campo. El término de la “Inteligencia Artificial” fue definido por primera vez en 1960 por John McCarthy en la Conferencia de Dartmouth, consolidándolo como un área de estudio formal (Gobierno de España, 2023). Este evento constituyó un punto de inflexión en el desarrollo del campo, al reunir a especialistas clave que sentaron las bases teóricas y establecieron las directrices a seguir para la creación de máquinas capaces de simular el pensamiento humano (Gobierno de España, 2023).

A partir de ese momento y bajo la influencia de los avances, diferentes pensadores promovieron la investigación y el desarrollo de robots, lo que favoreció durante las décadas 1970 y 1980 un incremento del 25% en este sector, impulsado en gran medida por la industria automotriz (Sánchez, et al., 2007). Entre los más importantes destaca,

“Unimate”, un robot fabricado por General Motors, empresa estadounidense dedicada a la fabricación de automóviles (Sánchez, et al., 2007). Otro hito en la historia de la robótica es “Shakey”, el primer robot diseñado por el Instituto de Investigación de Standford con el fin de realizar tareas de manera independiente gracias al uso de la inteligencia artificial (Barrientos, et al., 2007).

En los años 90 la robótica experimentó un desarrollo significativo, expandiendo su aplicación a sectores como la neurocirugía y ortopedia, donde se crearon robots para apoyar procedimientos médicos de alta precisión (Sánchez et al., 2007). Entre las primeras empresas que se crearon en este sector fue la llamada “Intuitive Surgical Inc”, una compañía estadounidense dedicada al sector de robots quirúrgicos (Sánchez et al., 2007). A partir del comienzo del siglo XXI, los avances tecnológicos dieron lugar a una nueva revolución tecnológica marcada por el nacimiento de robots inteligentes (Sadin, 2019). Desde los asistentes virtuales que ya están integrados en los teléfonos, como Siri, hasta automóviles sin conductor, representan una nueva forma de vivir, caracterizada por la incorporación de la inteligencia artificial en las actividades diarias (Sadin, 2019).

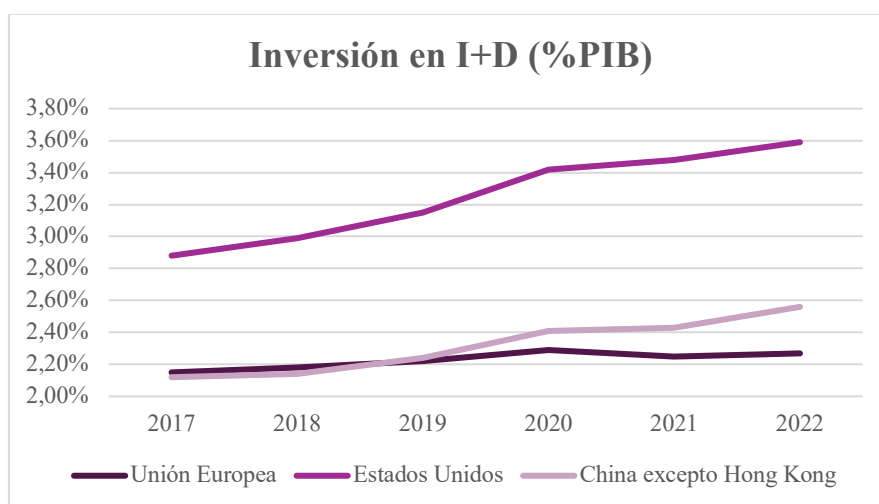
No obstante, la inteligencia artificial lleva implantada y desarrollada durante varias décadas, lo que hace preguntarse ¿Por qué ahora esta herramienta ocupa más de doce portadas en el “The Economist”? Porque por primera vez en la historia, un ciudadano común ha podido experimentar de primera mano lo que es la inteligencia artificial y como se utiliza, a través de plataformas como “ChatGpt”, transformándose en una tecnología presente en la vida cotidiana (González, 2024). ChatGPT, en particular, ha marcado un punto de inflexión al ofrecer a millones de personas una herramienta que no solo comprende y responde en lenguaje natural, sino que también simplifica tareas complejas, como la redacción, la investigación y el aprendizaje (Vicente-Yagüe-Jara et al., 2023).

Sin embargo, la realidad muestra que, mientras algunos países presentan limitaciones tecnológicas significativas, otros compiten por consolidar su posición como referentes en el desarrollo tecnológico. En este contexto, el surgimiento y adopción de herramientas como la mencionada están intensificando esta competencia, transformándose en un campo de batalla en la geopolítica. Este fenómeno se ejemplifica en la rivalidad entre China y Estados Unidos, principales proveedores y referentes en tecnologías estratégicas y en la transformación digital. Asimismo, las empresas estadounidenses Amazon, Apple,

Facebook, Google y Microsoft se posicionan entre las entidades de mayor influencia tecnológica a nivel mundial. (Cuenca, 2020). En cambio, Europa, ocupa un segundo plano en el panorama global, debido a que se encuentra en proceso de avance hacia un mayor desarrollo e independencia tecnológica (Cuenca, 2020).

Este hecho se puede ver reflejado en la reducción de la inversión en investigación y desarrollo (I+D) en comparación con Estados Unidos y China. Como se refleja en la figura 1, en el año 2022, existió entre Europa y Estados Unidos, una diferencia de 1,32 puntos porcentuales, lo cual indica que, para alcanzar los niveles de inversión norteamericanos, Europa habría necesitado destinar 221.970 millones de dólares adicionales (Eurostat, 2024a).

Figura 1: Inversión en innovación y desarrollo (I+D) en función del porcentaje de PIB por países



Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de (Eurostat, 2024a).

Entre el año 2017 y 2018 Europa logró acercarse a los niveles de inversión en I+D de China, debido en parte a la desaceleración que experimentó este último como consecuencia del Covid-19. Sin embargo, el rápido crecimiento del país en los años posteriores permitió en 2022 superar a Europa con una diferencia de 0,29 puntos porcentuales (Eurostat, 2024a). Este hecho pone de manifiesto el claro desafío que enfrenta Europa para mantener su competitividad frente a economías emergentes como la de China. Por otro lado, se considera que, aunque Europa disponga de una base científica

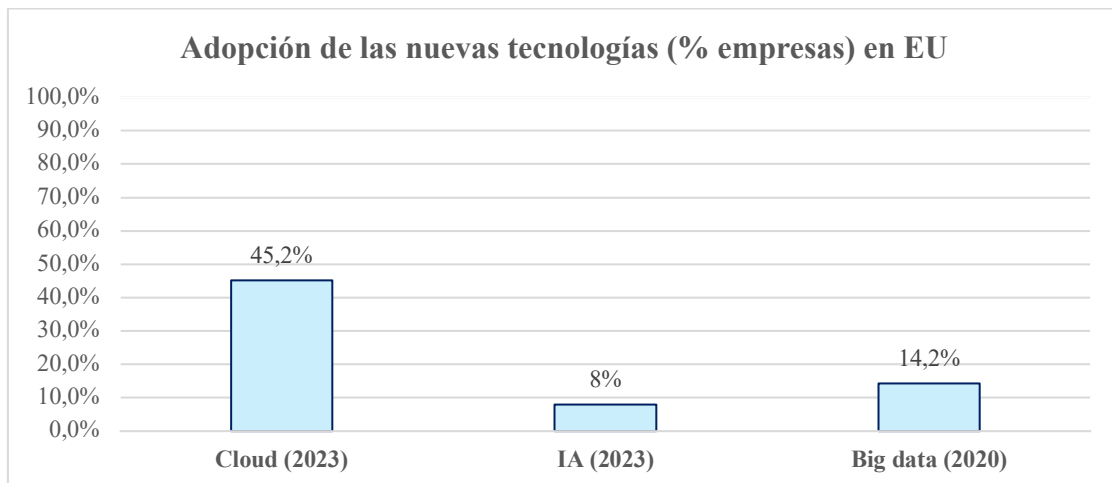
sólida, el número de unicornios² es relativamente inferior en comparación con China y Estados Unidos, representando únicamente el 10% de unicornios a nivel mundial (Bughin et al., 2019). En este contexto, el 40% de la financiación externa mundial en tecnologías avanzadas se destinó a empresas norteamericanas, mientras que Europa únicamente atrajo el 12% (McKinsey Global Institute, 2022). A esto se suma que, en general, las empresas europeas, presentan menos aversión al riesgo, lo cual las lleva a enfocarse en proyectos de bajo crecimiento, limitando así su apuesta por tecnologías de vanguardia (McKinsey Global Institute, 2022).

Además, la escasez de talento especializado en áreas tecnológicas complica aún más su desarrollo. La falta de conocimientos técnicos, junto con la emigración de talento cualificado, como el 39% de profesionales europeos que optan por emigrar a Estados Unidos, representan desafíos críticos para el desarrollo tecnológico y la competitividad de Europa (Mobile World Capital, 2024). De acuerdo con datos de Eurostat (2022), la falta de inversión y personal afecta significativamente en la adopción de nuevas tecnologías, demostrándose que solo el 28% de las grandes empresas europeas utiliza inteligencia artificial, mientras que, en el caso de las pequeñas y medianas empresas, este porcentaje cae al 7% (European Commission, 2022, p. 49).

Finalmente, en la figura 2 se observa que, en 2023, menos del 40% de las empresas europeas habían adoptado tecnologías avanzadas como la Nube, la inteligencia artificial y Big Data (European Commission, 2022). Dentro de este grupo, la inteligencia artificial es la tecnología menos implementada, con una tasa de uso que ni siquiera alcanza el 10% (European Commission, 2022). Lo expuesto, evidencia que una considerable proporción de las empresas en Europa aún carece de tecnologías avanzadas, situando a la región en una posición de desventaja competitiva frente a otras economías con mayores avances tecnológicos.

² Aquellas start-ups que han alcanzado una valoración de mercado superior a los 1.000 millones de dólares sin haber cotizado en los mercados bursátiles (Repsol, 2023).

Figura 2: Porcentaje de empresas en Europa que adoptan nuevas tecnologías



Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de (Eurostat, 2024)

2.2 Normativa europea

A pesar de las limitaciones tecnológicas actuales, la Unión Europea ha establecido un marco normativo con el fin de regular de forma ética y segura el uso de la nueva herramienta tecnológica mencionada previamente. La Comisión Europea (2023) ha aprobado este año el Reglamento (UE) 2024/ 1689, conocido como “Ley IA”, que establece el primer marco regulatorio para garantizar, a través de una serie de políticas y normas, que la inteligencia artificial sea confiable, segura y respete los derechos de las personas, entre otros objetivos. Cabe destacar que, la Ley busca proteger los derechos de los ciudadanos, promover la transparencia y mitigar riesgos asociados a esta tecnología. (Consejo Europeo, 2024).

Por otro lado, previamente a esta ley, se han implementado múltiples normas y directrices para mejorar su regulación. Entre ellas, en 2019, destaca la publicación de la Comisión Europea (2019) sobre las “Directrices éticas para una IA fiable”, las cuales fueron desarrolladas con el objetivo de garantizar que, los sistemas de inteligencia artificial operen bajo supervisión humana, manejen errores para evitar daños a los usuarios y cumplan con los principios éticos establecidos. Asimismo, un año más tarde, el mismo organismo publicó el “Libro blanco de la Unión Europea sobre la IA” (Comisión Europea, 2020). Este documento se centra en fomentar la excelencia y la confianza, subrayando la importancia de proteger y respetar los valores europeos junto con los derechos fundamentales, especialmente en este contexto, donde la IA se encuentra en pleno auge a

nivel mundial. (Comisión Europea, 2020). A su vez, la privacidad y la seguridad representan los puntos clave del Libro para lograr el avance ético de la tecnología en Europa.

Además de lo previamente expuesto, desde marzo de 2018, la Comisión Europea ha impulsado una amplia serie de iniciativas, que incluyen acuerdos, propuestas, consultas y asambleas, así como la implementación de planes y leyes, orientados a establecer un marco regulador de la inteligencia artificial (Comisión Europea, 2025). Asimismo, la UE ha cooperado con otros países a nivel internacional firmando un acuerdo, llamado “*The Bletchley Declaration*” entre Estados Unidos, China y otros 26 países con el fin de establecer estrategias conjuntas para mitigar los riesgos de la IA e impulsar una mayor colaboración en ciencia y tecnología (Linera & Meuwese, 2024).

2.3 Contexto de la aplicación de la inteligencia artificial en la sostenibilidad

Dado el retraso de Europa en inversión y adopción de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial, es necesario explorar cómo esta herramienta podría contribuir al fortalecimiento de áreas estratégicas que impulsen su progreso económico y social. Uno de los sectores en los que la inteligencia artificial posee un gran potencial es el de la sostenibilidad, en el que Europa ha liderado en términos de políticas y compromisos (Comisión Europea, 2024). En este contexto, la sostenibilidad es entendida como la capacidad de garantizar un desarrollo que permita a las generaciones presentes y futuras vivir en equilibrio con el entorno, evitando la sobreexplotación de los recursos naturales y promoviendo el bienestar social y económico (Krantz & Jonjer, 2023). Algunas iniciativas en desarrollo están mostrando resultados prometedores. Un ejemplo relevante es el uso de la inteligencia artificial en la lucha contra la deforestación, que ha permitido localizar más de un millón de hectáreas de terreno mediante el análisis de datos satelitales (Masterson, 2024). Asimismo, la IA también ha demostrado su eficacia en la gestión de residuos. En este caso, se han analizado aproximadamente 32 mil millones de desechos clasificados en 67 categorías, lo que ha permitido detectar que, alrededor de 86 toneladas de materiales reciclables terminan en vertederos (Masterson, 2024). Por lo que, analizar como diferentes entidades aplican la inteligencia artificial en este campo permitirá entender de qué manera esta tecnología puede ayudar a enfrentar desafíos ambientales,

mejorar la eficiencia de los recursos y apoyar la transición hacia una economía más sostenible.

En el siglo XIX, la revolución industrial representó un punto de inflexión en el desarrollo económico, caracterizado por la adopción de tecnologías avanzadas que permitieron la extracción intensiva de recursos y el aprovechamiento de nuevas fuentes de energía. Sin embargo, según lo planteado por Nadia Calviño, vicepresidenta Primera y ministra de Economía y Transformación Digital (2022) las consecuencias negativas de este proceso se hicieron evidentes a largo plazo, debido a que, el aumento de emisiones contribuyó significativamente al calentamiento global. Esta experiencia histórica ha generado dudas y cierta desconfianza sobre la capacidad de la tecnología como herramienta para abordar los actuales desafíos medioambientales.

El hecho es que, en pleno siglo XXI, el impacto en el medio ambiente continúa deteriorándose y experimentando constantes cambios. En un artículo publicado en National Geographic por Jonathan Manning y Simon Ingram (2021), se detallan los numerosos desafíos derivados del cambio climático. Entre ellos, destacan el aumento de la temperatura promedio de la superficie terrestre y oceánica, la cual fue 0,93°C superior a la media del siglo XX, que se situaba en 15,8 °C (Manning y Ingram, 2021). El impacto de las temperaturas extremas ha causado, en los últimos 20 años, un aumento de entre 53% y el 57% en la mortalidad en las personas mayores de 65 años (Manning y Ingram, 2021). Además, la Antártida experimenta anualmente una aceleración en la pérdida de hielo de 151.000 de toneladas de hielo y más de 12 millones de hectáreas se ven afectadas por la desertificación (Manning y Ingram, 2021).

Como consecuencia de dichos resultados medioambientales, diversos organismos han iniciado la transformación de sus modelos operativos con el fin de reducir el impacto ambiental y adoptar prácticas sostenibles mediante el uso de la nueva herramienta tecnológica, la inteligencia artificial. A diferencia de los errores del pasado, la IA tiene el potencial de convertirse en una herramienta clave con el fin de revertir los impactos ambientales negativos y así lo reflejan con optimismo diferentes organismos como las Naciones Unidas (ONU), el Foro Económico Mundial (WEF) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), entre otros (Centro Regional de Información de las Naciones Unidas, 2023). En este contexto, la combinación de la

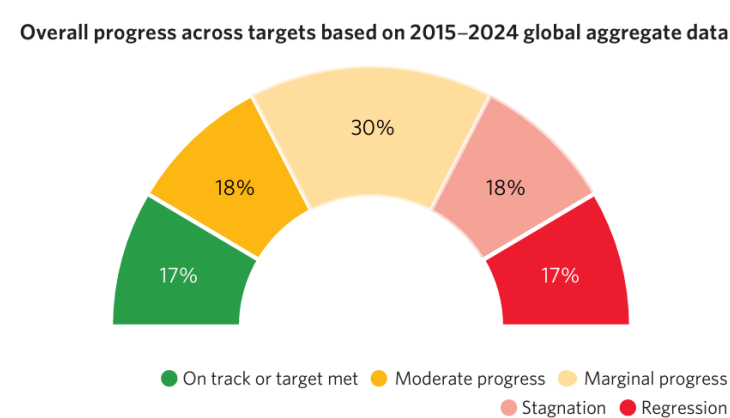
tecnología, como motor de transformación y la sostenibilidad, como pilar esencial, resulta en una vía necesaria para fomentar un desarrollo equilibrado y respetuoso con el medioambiente.

2.3.1 Evolución de los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) y su aplicación en la IA

Según el Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo (2024), los 17 de objetivos de desarrollo sostenibles (ODS), denominados también Objetivos Globales, fueron incorporados por este organismo en 2015. Se implementaron con el objetivo de que para el año 2030, se produjese un progreso en relación con el fin de la pobreza, la igualdad y la sostenibilidad, entre otros.

La evolución de estos objetivos se encuentra documentada en los informes anuales de las Naciones Unidas, los cuales sustentan con información cuantitativa y cualitativa sobre el progreso en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En el último informe de 2024, se pone de manifiesto que, a nivel mundial, la evaluación del progreso en cumplir con las metas propuestas se encuentra considerablemente alejado de alcanzar la Agenda 2030 (United Nations, 2024). En la figura número 3, se observa que, el 48% de los objetivos presenta alteraciones clasificadas de moderadas a graves. Asimismo, el 18% de los objetivos evidencia estancamiento, mientras que el 17% retrocede en comparación con los niveles de referencia de 2015 (United Nations, 2024).

Figura 3: Progreso en los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) basado en datos de 2015-2024



Fuente: The Sustainable Development Goals Report 2014 (United Nations, 2024)

En lo que respecta a algunos objetivos establecidos en el marco de sostenibilidad, revelan que, en el ODS 13, sobre la acción con el clima, las emisiones de CO₂ en 2022 a nivel mundial y los procesos industriales, incrementaron un 1,1% alcanzando una cifra récord de 57,4 gigatoneladas (United Nations, 2024). Respecto al ODS 11, relacionado con las ciudades y comunidades sostenibles, se manifiesta que, anualmente 4,2 millones de personas fallecen por contaminación del aire (United Nations, 2024). En cuanto al ODS 12, acerca de consumo y producción responsable, el elevado aumento de los residuos electrónicos continúa siendo un desafío, dado que únicamente el 22% de la población mundial recolecta de forma sostenible, alcanzando un total de 62 millones de toneladas métricas de residuos en 2022 (United Nations, 2024). Como consecuencia, está provocando un deterioro considerable del medioambiente y pérdida de recursos. Además de que, si la tendencia de estos datos continúa, se espera que para 2030 los residuos aumenten a un total de 82 millones de toneladas métricas (United Nations, 2024).

A partir de los datos disponibles, se puede constatar que no se está experimentando una evolución favorable y que probablemente resulte complicado cumplir ciertas metas para el año 2030. Por ello, se ha comenzado a exigir a las empresas la publicación anual de informes de sostenibilidad para verificar su compromiso con la reducción de las emisiones de CO₂ y la adopción de otras prácticas responsables. Este requisito ha generado un avance notable, incrementando del 24% de empresas en 2016 al 73% en 2022 (Naciones Unidas, 2024). En este contexto, y en la búsqueda de un desarrollo sostenible, la inteligencia artificial ha comenzado a posicionarse como una aliada estratégica para impulsar el cumplimiento de los ODS (Naciones Unidas, 2024).

Según un artículo publicado por Acciona, sobre “La Alianza entre la Inteligencia Artificial y el Desarrollo sostenible” (2017), se sostiene que la aplicación de la inteligencia artificial podría contribuir al logro de, aproximadamente el 79% de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) e incluso el 93% considerando únicamente los objetivos relacionados con el clima. Su impacto se materializa a través de la implementación de sistemas de predicción climática, los cuales analizan grandes volúmenes de datos climáticos, para anticipar y evitar catástrofes naturales (Acciona, 2017). Otras aplicaciones incluyen la predicción de demanda y oferta, el ajuste automático de la calefacción e iluminación y la predicción del tráfico para el ahorro de gasolina, entre otras (Acciona, 2017).

Sin embargo, más adelante se analizarán profundamente algunas iniciativas empresariales en esta área y el impacto ambiental que suponen, debido a que la combinación de ambas fuerzas supone riesgos que deberían tenerse en cuenta. Dado que el desarrollo tecnológico es un proceso intrínsecamente ligado al medioambiente, los recursos naturales, constituyen la materia prima esencial para la fabricación de cualquier herramienta, estableciendo una dependencia entre ambos (Pernas, 2022). La producción y el uso de tecnología generan un impacto ambiental considerable, que se manifiesta en la contaminación, deforestación y el agotamiento de recursos naturales. (Pernas, 2022). En consecuencia, el conflicto entre innovación tecnológica y preservación ambiental persiste, generando un desequilibrio en la sostenibilidad del planeta.

Si bien la inteligencia artificial se ha posicionado como una herramienta clave para la sostenibilidad, su implementación no está exenta de desafíos. La alta demanda energética requerida para el entrenamiento y funcionamiento de modelos de IA puede incrementar la huella de carbono, contrarrestando los beneficios ambientales que pretende generar (Strubell et al., 2019). Asimismo, la falta de transparencia, la limitación en la protección de datos y los sesgos en los algoritmos pueden afectar la toma de decisiones, generando impactos negativos en la gestión de recursos naturales y dificultando la rendición de cuentas (Binns, 2018; Acciona, 2017). Por otro lado, algunas empresas utilizan la IA en estrategias que aparentan mejorar la sostenibilidad, pero en realidad sus acciones no generan un impacto real en el medio ambiente. Esta práctica, conocida como *greenwashing*, consiste en manipular la presentación de los informes ambientales para dar la impresión de que se cumplen las normativas y se promueve la sostenibilidad (Delmas & Burbano, 2011).

Por estos motivos, resulta imperativo que las empresas colaboren en la adaptación y regulación de esta tecnología a la sostenibilidad, teniendo presentes las ventajas y desventajas, con el fin de alcanzar los resultados esperados para 2030.

3. Aplicación de la inteligencia artificial en entornos empresariales

Como se ha mencionado previamente, el nivel de adopción de la IA en Europa no alcanza las cifras observadas en países como en Estados Unidos, donde la integración de esta tecnología se encuentra más avanzada en términos de integración empresarial y desarrollo de innovación. Aunque desde la pandemia, la adopción de tecnologías digitales avanzadas ha mostrado una convergencia entre Estados Unidos y la Unión Europea, es importante destacar que las empresas europeas siguen manteniendo un retraso en áreas estratégicas como la inteligencia artificial y el análisis de Big Data. En 2023, según el análisis del European Investment Bank (2024), la diferencia de uso de estas tecnologías entre empresas de ambas regiones persiste, situándose en 6 puntos porcentuales (European Investment Bank, 2024, p. 23).

Por este motivo, se considera oportuno llevar a cabo un análisis de las empresas que han incorporado la inteligencia artificial de manera más significativa en sus operaciones, con el propósito de identificar las estrategias y prácticas empeladas, especialmente aquellas que están orientadas a solventar problemas medioambientales. Un ejemplo representativo de esta tendencia lo constituyen Amazon, Microsoft y Google, comúnmente denominadas las “big tech companies” (Khanal et al., 2024). Estas empresas poseen una ventaja estructural derivada de su control sobre altos volúmenes de datos, recursos computacionales y lo más relevante para el presente análisis, el acceso especializado en inteligencia artificial (Khanal et al., 2024). Este factor las posiciona como líderes en tecnología avanzada y les permite influir en la formulación de políticas, definición de estándares tecnológicos y la configuración de los mercados en los que operan, consolidando así su poder e impacto a nivel mundial (Khanal et al., 2024).

Por ello, se llevará a cabo un análisis detallado de las empresas mencionadas a excepción de Google, con el objetivo de evaluar en qué medida la IA está siendo utilizada para fomentar la sostenibilidad y contribuir a la mitigación de impactos ambientales. Asimismo, se explorará su potencial como referente para Europa en la gestión sostenible de recursos y la lucha contra el cambio climático. De este modo, se pretende determinar si su enfoque puede inspirar la implementación de prácticas responsables en otros sectores y regiones del continente, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

3.1 Amazon

Amazon, una de las empresas más relevantes en el comercio electrónico a nivel mundial, inició sus operaciones en 1995 cuando Jeff Bezos fundó “Amazon.com” como una librería en línea, gestionada desde su propio garaje en Bellevue, Washington (Chen, 2024). Esta iniciativa marcó el inicio de una transformación global en la forma de comprar y vender productos.

3.1.1 Historia en el uso de la inteligencia artificial en Amazon

Aunque el comercio electrónico sigue siendo el núcleo principal de sus operaciones, Amazon ha evolucionado hasta convertirse en un conglomerado global diversificado con un fuerte enfoque en la innovación tecnológica, donde la inteligencia artificial (IA) desempeña un papel fundamental en sus operaciones.

El punto de inflexión en esta evolución fue el lanzamiento de Amazon Web Services (AWS) en 2006 (Martínez & Pino, 2016). Este avance marcó un antes y un después en la transformación de la infraestructura de tecnologías de la información (TI), permitiendo que una amplia gama de usuarios tuviera acceso a tecnologías avanzadas, que previamente estaban reservadas para un número limitado de actores privilegiados (Martínez & Pino, 2016). Las TI, al considerarse como un componente clave en la cadena de valor de los negocios, encontraron en AWS una solución que no solo mejoró la accesibilidad tecnológica, sino que también elevó la calidad de los servicios ofrecidos (Martínez & Pino, 2016). Dentro de esta línea de negocio, se ofrecen herramientas particulares como “Amazon SageMaker”, una plataforma que permite almacenar y acceder a una amplia selección de datos para crear y entrenar modelos de inteligencia artificial (Amazon Web Services, 2025b).

Otro hito en la integración de IA en Amazon fue el lanzamiento de dispositivos inteligentes como “Alexa” y “Echo”, los cuales transformaron la interacción entre los humanos y la tecnología, al permitir que las personas se comunicaran de manera natural con una “máquina” mediante la IA conversacional (Amazon, 2025). Esta innovación generó un impacto significativo en la percepción y uso de la inteligencia artificial en la vida cotidiana, consolidando a Amazon como un referente en el desarrollo de asistentes virtuales (Amazon, 2025).

En el sector del entretenimiento, “Amazon Prime Video” se ha posicionado como una de las principales plataformas de *streaming*, alcanzando en 2023 más de 200 millones de usuarios a nivel mundial y situándose cerca de Netflix, su principal competidor, con alrededor de 270 millones de suscriptores (Statista, 2024). En mercados como España, Amazon Prime Video ha superado a Netflix en número de suscriptores, consolidándose como el servicio de *streaming* más utilizado en el país, con una penetración del 56% frente al 51% de su principal competidor (Mucientes & Mucientes, 2023).

A partir de lo expuesto, cabe destacar la capacidad de Amazon para entregar pedidos en cuestión de horas, reflejando así la optimización de su infraestructura logística. Este nivel de eficiencia, que hasta hace poco parecía inalcanzable, ha sido posible gracias a una red de distribución altamente desarrollada y al uso estratégico de tecnologías avanzadas (Chen, 2023). Con la adquisición en 2012 de “Kiva”, empresa especializada en robótica, Amazon, impulsó la automatización de sus instalaciones, implementando aproximadamente 520.000 sistemas robóticos avanzados optimizando la clasificación y el *packaging* de sus productos (Amazon, 2022).

Considerando que la automatización en esta empresa se está implementando de manera transversal en casi todas sus áreas de negocio, y tras conocer cómo Amazon emplea la inteligencia artificial en sus operaciones, surgen dos preguntas clave: ¿hasta qué punto estas tecnologías están influyendo en sus esfuerzos por mitigar el impacto ambiental, y de qué manera Amazon utiliza la inteligencia artificial para avanzar hacia un modelo más sostenible?

En el siguiente apartado se analizará cómo Amazon utiliza la inteligencia artificial para reducir su impacto ambiental evaluando indicadores clave como las emisiones de CO₂ y el consumo energético. A través de herramientas de análisis cuantitativo como la huella de carbono, métricas energéticas y datos obtenidos de informes de sostenibilidad, se examinará hasta qué punto estas iniciativas contribuyen a un modelo más ecológico y sostenible.

3.1.2 Estrategias sostenibles a través de la IA

Como ya he mencionado previamente, la sostenibilidad se ha convertido en un eje fundamental para las empresas que buscan reducir su impacto ambiental mientras optimizan sus operaciones. Esto cobra especial relevancia en el contexto de la Década Digital de Europa y los objetivos de desarrollo sostenibles (ODS) para 2030, que demandan soluciones tecnológicas innovadoras, enfocadas en la sostenibilidad y seguridad (Wisner Glusko, 2022).

Asimismo, desde enero de 2024, con la entrada de vigor de la Directiva sobre Información Corporativa en Materia de Sostenibilidad (CSRD), exige a las empresas priorizar aspectos ambientales, sociales y de gobernanza al mismo nivel de sus informes financieros en sus estrategias corporativas (European Comission, 2025). Aunque esta normativa presenta ciertas limitaciones, supone un avance significativo en el control y regulación del impacto de la tecnología en la sostenibilidad. A partir de este año 2025, se ampliará su alcance, incluyendo no solo a empresas cotizadas, sino también a un número considerable de no cotizadas, reforzando la transparencia y la responsabilidad corporativa con un enfoque más inclusivo (European Comission, 2025).

En el siguiente apartado se analizará si las iniciativas impulsadas por Amazon mediante la aplicación de la inteligencia artificial contribuyen a la reducción de la huella de carbono en sus cadenas de suministro y al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS). A través de ejemplos prácticos y un enfoque crítico, se evaluará su impacto, destacando las estrategias más relevantes dentro del marco de este análisis.

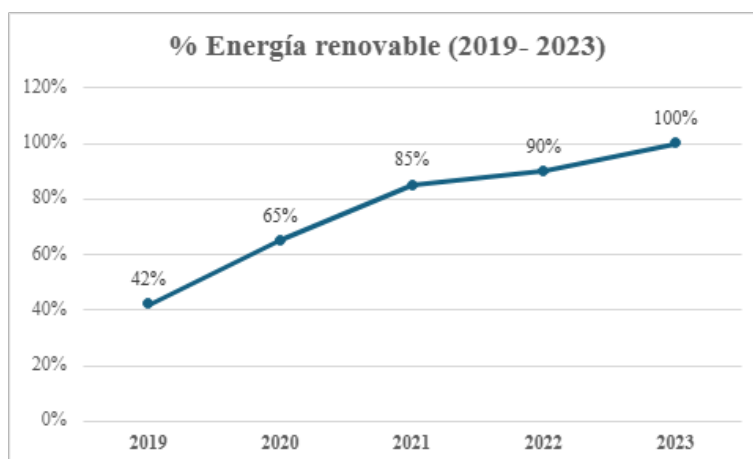
Optimización de la logística y rutas de entrega

Amazon dispone de 176 centros logísticos en todo el mundo y, recientemente ha inaugurado uno de los más innovadores a nivel global en Shreveport (Luisiana, EE.UU.) (Amazon, 2019). Este centro, con una superficie aproximadamente de 278.700 metros cuadrados distribuidos en cinco plantas, integra una serie de robots cuyo objetivo es conseguir la máxima productividad y eficiencia en el menor tiempo posible (Amazon, 2024d). Entre los sistemas más destacados, se encuentra “*Sequoia*”, una herramienta avanzada de planificación de inventario que asegura la ubicación óptima de los productos

(Amazon, 2024d). En este contexto, se presenta “*Proteus*” como el primer robot autónomo en tareas de transporte de paquetes. (Amazon, 2024d).

Aunque es común pensar que los centros logísticos de Amazon, los cuales integran, procesos automatizados, robótica avanzada e inteligencia artificial, demandan grandes cantidades de energía para su funcionamiento, esta percepción se contrasta al considerar que dicha energía proviene de fuentes limpias y renovables. Actualmente, Amazon ya se ha consolidado como uno de los mayores compradores de energía renovable del mundo, con más de 500 proyectos solares y eólicos que respaldan sus operaciones (Amazon, 2024a). Este compromiso se ha traducido en un aumento progresivo en la proporción de energía renovable utilizada en sus operaciones. En este contexto, el siguiente gráfico refleja esta evolución entre 2019 y 2023, evidenciando el impacto de estas iniciativas en la transición hacia un modelo energético más sostenible.

Figura 4: % de Energía renovable en Amazon (2019-2023)



Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos del informe de sostenibilidad de (Amazon, 2023b).

Se observa una tendencia ascendente constante, destacando su rápido avance en la transición hacia fuentes de energía limpia. Este crecimiento, ha alcanzado su máximo histórico en 2023, logrando que el 100% de la electricidad utilizada por la compañía provenga de fuentes renovables (Amazon, 2023b). Este hito, junto con la rápida transición energética de los últimos años, ha impulsado a la compañía a fijarse un objetivo aún más ambicioso: alcanzar emisiones netas cero para 2040 (Amazon, 2023b).

Este resultado adquiere especial relevancia al ser contrastado con los objetivos establecidos en el Informe de Sostenibilidad de 2018, en el cual se proyectaba alcanzar el 100% de la energía renovable en 2030 (Amazon, 2018). No obstante, la figura 4 evidencia que la meta fue superada siete años antes de lo previsto, reflejando un avance más acelerado de lo inicialmente planificado (Amazon, 2018).

Para demostrar el alcance de estas iniciativas, se presenta una tabla comparativa que pone de manifiesto las principales fuentes de energía renovable utilizadas por Amazon, así como los proyectos destacados que respaldan su transición energética. Estas acciones permitirán, una vez estén completamente operativos, reducir cerca de 27,8 millones de toneladas de emisiones de carbono anuales (Amazon, 2024a).

Tabla 1: Proyectos de energía renovable de Amazon

Tipo de energía renovable	Descripción	Proyectos Destacados
Energía solar	Amazon ha desarrollado numerosos proyectos solares para generar electricidad a partir de luz solar.	- Plantas solares en España: aumento de capacidad energía renovable a más de 2,3 GW con un total de 67 proyectos: 37 a gran escala y 30 sistemas solares en edificios. - Instalaciones solares en Centros Logísticos: incorporación de 300 sistemas de generación solar en techos de sus centros.
Energía eólica	Inversión en parques eólicos que aprovechan la fuerza del viento para generar electricidad.	- Parques eólicos en Europa: capacidad instalada de 1,7 GW distribuido en 6 parques. - Proyectos en España: 2 nuevos proyectos en Castilla y León - Primer parque eólico terrestre: ubicado en Japón - Primera granja eólica en Mississippi: ha permitido al agricultor mejorar su equipamiento agrícola y ampliar cultivos de arroz y soja
Energía eólica marina	Inversión en proyectos de energía eólica, que utilizan los vientos oceánicos para generar electricidad.	- Proyecto eólico marino HKN en Países Bajos: formado por 69 aerogeneradores, diseñados para adaptarse a escenarios volátiles y con una capacidad de 759 megavatios (MW), lo que representa su potencia máxima en condiciones óptimas de operación

Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de (Amazon, 2023a) y (Amazon, 2024b).

Amazon ha declarado que, a través de los proyectos mencionados, ha alcanzado una capacidad de 10 GW, suficiente para suministrar energía a 2,5 millones de hogares (Moreno & Moreno, 2021). Además de los beneficios energéticos, este tipo de iniciativas produce mayor empleo. Según la Agencia Internacional de Energía (IRENA, 2025), solo el sector de la energía solar podría generar un millón de puestos de trabajo para 2050. Al mismo tiempo, los costes de producción energética han disminuido considerablemente en

la última década. La electricidad generada por energía solar disminuyó un 85%, mientras que la energía eólica terrestre y marina registró caídas del 56% y 48%, respectivamente (BloombergNEF, 2024). Asimismo, en 2023, se alcanzó un hito histórico en la generación de electricidad mundial, ya que más del 40% se originó en fuentes de energía libres de emisiones de carbono, con la energía eólica y solar aportando un 14% del total (BloombergNEF, 2024). Teniendo en cuenta esta evolución, se estima que para 2050, aproximadamente el 90% de la electricidad provenga de estas energías (Naciones Unidas, 2025a).

En relación con las rutas de entrega, Amazon enfrentaba el desafío de diseñar recorridos óptimos para pedidos que varían diariamente, una tarea compleja que requería soluciones avanzadas (Amazon, 2024b). Para abordar este reto, la compañía ha implementado modelos de aprendizaje automático impulsados por la IA generativa. Estos modelos analizan datos masivos, como la ubicación de los clientes, las condiciones del tráfico, las características de las direcciones y los pedidos, para tomar decisiones rápidas y optimizadas en tiempo real (Amazon, 2024b). Gracias a esta tecnología, Amazon ha logrado que, el 76% de los productos solicitados por clientes en Estados Unidos, sean enviados desde centros logísticos regionales, lo que mejora significativamente la velocidad y eficiencia de las entregas (Kharpal, 2023).

Además de optimizar sus procesos logísticos, la compañía ha apostado por la incorporación de vehículos eléctricos en su flota de reparto. En 2019, Amazon estableció una alianza estratégica con Rivian, una empresa estadounidense de fabricación de vehículos eléctricos, para transformar su flota logística (Amazon, 2021). Dentro de este plan, la compañía proyecta desplegar 100.000 furgonetas eléctricas para 2030 (Amazon, 2021). En vista de que, las furgonetas, autobuses y camiones eléctricos aún representan menos del 5% de las ventas totales, el compromiso de Amazon representa un paso significativo para afrontar este desafío y acelerar la transición hacia un transporte más sostenible (IRENA, 2025).

A continuación, se presenta una tabla comparativa que muestra las diferencias entre un coche eléctrico y un coche de combustión según los datos extraídos de la Agencia de protección del medioambiente de Estados Unidos (EPA, 2024):

Tabla 2: Comparativa entre coche de gasolina y eléctrico

Aspecto	Coche de gasolina	Coche eléctrico
Consumo energético (241 km/h ³)	122.85 kWh ⁴	45 kWh
Emisiones por kilómetro (CO ₂) (considerando su ciclo de vida completo)	350 gramos de CO ₂	200 gramos de CO ₂
Emisiones anuales CO ₂	5.186 kg de CO ₂	1.784 kg de CO ₂

Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de (Environmental Protection Agency, 2024).

Los vehículos eléctricos destacan frente a los de gasolina en términos de eficiencia energética. Para recorrer 241 km, un coche de gasolina consume 122.85 kWh de energía, mientras que un coche eléctrico solo requiere 45 kWh, reflejando una eficiencia casi tres veces superior debido a que los motores eléctricos convierten hasta el 90% de la energía en movimiento útil, frente al 25% de los motores de combustión (U.S Department of Energy, 2023). En cuanto a emisiones de CO₂, un coche de gasolina genera 350 g por km, frente a los 200 g del eléctrico, considerando la fuente de electricidad utilizada (U.S Department of Energy, 2023). Anualmente, tomando como referencia un uso promedio de 15,000 km, un coche eléctrico emite 1,784 kg de CO₂, un 65% menos en comparación con los 5,186 kg de un coche de gasolina (U.S Department of Energy, 2023). Esto evidencia que, aunque los eléctricos tienen un impacto inicial mayor debido a la producción de baterías, su alta eficiencia y menor huella ambiental durante su uso los convierten en una mejor opción para mitigar el cambio climático, especialmente en regiones donde la generación eléctrica está basada en energías renovables.

Reducción del uso de envases

En respuesta a la creciente problemática de la contaminación, Amazon ha optado por eliminar el *packaging* adicional en sus envíos (Amazon, 2024e). Considerando que cuanto mayor material mayor peso del pedido, al reducirlo, se generan importantes beneficios tanto logísticos como ambientales. Por un lado, se optimiza el espacio de los vehículos de reparto, lo que ocasiona una mayor eficiencia en las rutas y reducción de emisiones. Por otro lado, al minimizar el uso de materiales, se reduce la cantidad de residuos generados para reciclaje. Desde 2015, ha logrado una reducción promedio del

³ Originalmente expresado en millas (150 mph), convertido a 241 km/h.

⁴ Energía (kWh)= Potencia (kW) x Tiempo (horas).

41 % en el peso del *packaging* por envío y eliminando más de 2 millones de toneladas de material (Amazon, 2023c).

Asimismo, estos resultados también se han visto favorecidos por la implementación en 2019 de *Packaging Decision Engine*, una máquina guiada por la IA que evalúa las características físicas de los productos, como su forma y resistencia, para identificar las opciones de empaquetado más eficientes y sostenibles (Amazon, 2024g). Este último, no solo reduce el uso de plásticos no reciclables, sino que también disminuye el consumo de energía asociado a la fabricación del *packaging*. Como resultado, se ha evitado 80.000 toneladas de plástico a nivel global (Amazon, 2024f).

Para lograr una mayor precisión en la medición del impacto ambiental de la IA en las empresas, se requieren herramientas avanzadas como *Code Carbon*, un software de evaluación ambiental (Mateus, 2024). Sin embargo, dado su complejidad, en el presente estudio se utilizarán Indicadores de Sostenibilidad, como emisiones de CO₂ y consumo energético, permitiendo un análisis cuantitativo de la evolución sostenible de la empresa.

Centro de datos Amazon (AWS)

Como se ha mencionado previamente, el uso de la inteligencia artificial depende en gran medida de la disponibilidad y el manejo de datos. En este contexto, surge la pregunta de cómo Amazon gestiona sus centros de datos para hacer frente al crecimiento exponencial de datos impulsado por la inteligencia artificial y al volumen de información generado por el comercio electrónico. ¿De qué manera estas infraestructuras, fundamentales para el procesamiento y almacenamiento de datos a gran escala, pueden alinearse con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS)? ¿O, por el contrario, representan una de las principales fuentes de emisiones de carbono a nivel global, comprometiendo sus compromisos ambientales?

Antes de abordar el tema en profundidad, es necesario recurrir a este gráfico comparativo, que permite comprender la magnitud y las tendencias globales en indicadores digitales y de consumo energético entre 2015 y 2022, por lo que su análisis permite entender cómo el crecimiento del sector digital está incrementando el consumo energético y la necesidad de nuevas infraestructuras.

Tabla 3: Indicadores digitales y consumo energético global (2015-2022)

Aspecto	2015	2022	Cambio
Usuarios de internet	3,000 millones	5,300 millones	+78% de usuarios
Consumo energético de centros de datos	200 TWh ⁵ (200.000 millones de kWh)	240-340 TWh (240,000-340,000 millones de kWh)	+20% a +70%
Suscripciones móviles	7,100 millones	8,300 millones	+17%

Fuente: elaboración propia adaptada a (European Commision, 2024).

Entre 2015 y 2022, el número de usuarios de Internet aumentó de 3,000 millones a 5,300 millones, lo que representa un incremento del 78%, impulsado por la digitalización en sectores clave como centros de salud, instituciones educativas y administraciones públicas (World Bank, 2024). Paralelamente, el consumo energético de los centros de datos incrementó de 200 TWh a un rango de 240-340 TWh, creciendo entre un 20% y un 70% (European Commision, 2024). A su vez, las suscripciones móviles aumentaron de 7,100 millones a 8,300 millones, con un crecimiento del 17% (European Commision, 2024). Este incremento se debe a la mayor demanda de las redes 4 y 5G, las cuales permiten incrementar la calidad y cobertura de la red (Amazon Web Services, 2025).

Según el último informe de la Agencia Internacional de la Energía (2024), en este último año se registraron 11.000 centros de datos a nivel mundial. Asimismo, se destaca que el consumo de electricidad de estos representa aproximadamente entre el 1 y el 1.3% de la energía consumida mundialmente (International Energy Agency, 2024). En términos comparativos, el consumo anual de electricidad de un centro de datos equivale al que generarían entre 350.000 y 400.000 automóviles eléctricos en un año (Spencer & Singh, 2024). Por ello, la construcción de los centros de datos se ha convertido en un pilar clave de la infraestructura digital en Estados Unidos, posicionándolo como uno de los países con mayores niveles de inversión en la construcción de centros de datos (Spencer & Singh, 2024). Esta tendencia se ve reflejada en los datos de 2023, cuando Microsoft y Amazon destinaron una inversión de capital a estos centros superior a la realizada por la industria del petróleo y gas, representando aproximadamente el 0,5% de su PIB (Spencer & Singh, 2024).

⁵ 200 TWh (1 TWh = 1.000.000.000 kWh) han sido convertidos a kWh.

Sin embargo, en términos de impacto energético, los centros de datos requieren solo un 2% más de generación eléctrica, frente al 20-30% de sectores como la movilidad e industria (Copenhagen Centre on Energy Efficiency, 2020). Esto significa que, aunque los centros de datos están creciendo rápidamente, su impacto en las necesidades energéticas globales es mucho menor en comparación con sectores que dependen de una electricidad más intensiva.

Como ya se ha mencionado, Amazon destaca por disponer de centros de datos de los más grandes e influyentes debido a su papel central en la infraestructura digital global. El centro de datos de Amazon se denomina AWS (Amazon Web Services), es la plataforma de computación en la nube más completa, ofreciendo más de 240 servicios totalmente integrados (Amazon Web Services, 2023). Desde 2006, AWS ha revolucionado la forma en que las empresas, gobiernos y startups operan, proporcionando infraestructura escalable, segura y de alto rendimiento. Con inversiones que superan los \$108 mil millones en infraestructuras de datos solo en Estados Unidos entre 2011 y 2022, AWS ha contribuido significativamente al PIB del país, generando aproximadamente \$37.69 mil millones y apoyando más de 29,800 empleos anuales de tiempo completo en empresas locales (Amazon Web Services, 2023).

En el contexto de su aplicación en la IA, es razonable considerar que el uso de esta herramienta en los centros de datos se asocie con un alto consumo energético. Esto se debe, principalmente al entrenamiento de modelos y sistemas de refrigeración necesarios para evitar el sobrecalentamiento del hardware (Ravagni, Madsen & Summers, 2024).

En este sentido, AWS utiliza la IA y modelos de aprendizaje automático para optimizar el consumo de energía en sus centros de datos, incrementar la eficiencia operativa y reducir la huella de carbono. Un ejemplo de ello es el procesador Graviton3, que ofrece un 25% más de rendimiento computacional con hasta un 60% menos de energía comparado con instancias similares (Amazon Web Services, 2023). Asimismo, para reducir el impacto ambiental asociado al desarrollo de modelos de IA generativa, AWS ha diseñado chips especializados como AWS *Trainium* e *Inferentia* (Amazon Web Services, 2023). Estos procesadores, utilizados en tareas de entrenamiento y despliegue de modelos de aprendizaje profundo, proporcionan un rendimiento energético hasta un 54% superior por

vatio en comparación con soluciones tradicionales (Accenture, 2024). Otras empresas, como Google Deepmind, han demostrado que la IA puede reducir el consumo energético de los sistemas de refrigeración en centros de datos hasta en un 40% (European Commission, 2024). Por otro lado, en una encuesta realizada por Uptime Institute, se observó que aproximadamente el 57% de los responsables de los centros de datos, utilizarían los modelos de la inteligencia artificial para tomar decisiones clave (CIO influence, 2024).

Por otro lado, Amazon Web Services también promueve iniciativas ambientales. A través de iniciativas como SeloVerde, AWS emplea big data geoespacial e inteligencia artificial para monitorear la deforestación en Brasil, supervisando más de 20 millones de hectáreas de áreas forestales y áreas con alto riesgo de incendios (Young & Nunes, 2024).

3.1.3 Contribución a los ODS

En base a lo explicado, Amazon ha desarrollado estas estrategias para optimizar su impacto ambiental mediante el uso de la inteligencia artificial, energías renovables y optimización de recursos. Estas iniciativas se alinean con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Entre ellas, destaca la optimización de logística y rutas de entrega mediante la IA y el uso de energías renovables, contribuyendo a la eficiencia operativa y a los ODS 7 y 9. Asimismo, se promueve la reducción del uso de envases a través de la mejora en el diseño del *packaging* y la planificación logística, reduciendo residuos y emisiones, en línea con los ODS 12 y 13. Finalmente, en los centros de datos AWS, se aplican medidas de optimización energética, innovación tecnológica e iniciativas como SeloVerde, orientadas a reducir la deforestación, mejorar la eficiencia hídrica y generar empleo, alineándose con los ODS 6, 2, 8 y 15.

La siguiente tabla resume estas acciones, destacando cómo Amazon está integrando tecnología e innovación para reducir su huella de carbono y mejorar la eficiencia operativa en sus procesos.

Tabla 4: Aplicación de los ODS en Amazon

Estrategia	Descripción	ODS
Optimización de la logística y rutas de entrega	• Uso de IA y aprendizaje automático para optimizar rutas, reducir tiempos de entrega y mejorar eficiencia operativa. • Uso de energía renovable en centros logísticos y en la carga de su flota eléctrica	 
Reducción del uso de envases	• Optimización de embalajes con IA para reducir residuos y mejorar la planificación logística, disminuyendo las emisiones de CO₂.	 
Centro de datos AWS	• Optimización energética en centros de datos, innovación en hardware con procesadores eficientes para la reducción de emisiones mediante IA. • Iniciativa SeloVerde para prevenir deforestación a través de la IA y generar empleo en el sector tecnológico • IA aplicada en AWS para mejorar la eficiencia hídrica en centros de datos	   

Fuente: elaboración propia e imágenes extraídas de (Naciones Unidas, 2025).

3.1.4 Huella de carbono de Amazon

Antes de analizar la huella de carbono de Amazon, es fundamental comprender este concepto y su metodología de cálculo. La huella de carbono es una métrica que cuantifica las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) generadas directa o indirectamente por actividades humanas, productos o procesos, expresadas en toneladas de CO₂ equivalente (CO₂e) (Ministerio del Medio Ambiente, 2024). A nivel global, las emisiones varían significativamente, por ejemplo, una persona en Estados Unidos genera, en promedio, 16 toneladas de CO₂ al año, una cifra que cuadruplica la media global, estimada en 4 toneladas por persona (Iberdrola, 2021).

La firma del Protocolo de Kioto en 1997, cuya aplicación comenzó en 2005, marcó un antes y un después en la política ambiental global, al convertirse en el primer acuerdo internacional que controló y estableció restricciones a las emisiones de gases de efecto invernadero⁶ en los países industrializados (European Union, 2025). Para facilitar su cálculo, surgió el Protocolo GEI (GHG Protocol), desarrollado por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI) y el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), como una herramienta para facilitar la cuantificación de la huella de carbono en empresas (World Resources Institute, 2024). El desarrollo de este protocolo logró establecer estándares unificados de medición y reporte, consolidándose como uno de los estándares más utilizados a nivel internacional (World Resources Institute, 2024). Actualmente, el 93% de las empresas incluidas en la lista Fortune 500, la cual agrupa a las 500 compañías más influyentes de Estados Unidos en términos de ingresos, aplican este protocolo para la medición y el reporte de sus emisiones de CO₂ (Von Kalckreuth, 2022).

Según este Protocolo, se pueden aplicar diferentes enfoques para medir la huella de carbono. Aplicando el enfoque corporativo, las emisiones generadas se clasifican en alcance 1 (emisiones directas), alcance 2 (energía comprada) y alcance 3 (cadena de valor y otras emisiones indirectas) (WRI & WBCSD, 2004).

Las emisiones de alcance 1, hacen referencia a las emisiones directas⁷ de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por fuentes que pertenecen a la empresa o están bajo su control operativo. Estas pueden derivarse de la combustión de combustibles fósiles en equipos fijos, como calderas o generadores, o del uso de vehículos propios, como camiones y aviones (McGrath & Jonker, 2024).

Las emisiones de alcance 2, corresponden a las emisiones indirectas⁸ generadas por la producción de la energía adquirida externamente. Para ello, existen dos métodos principales de cálculo. El método basado en la ubicación (location-based) considera las

⁶ Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs), Hexafluoruro de azufre (SF₆) y Trifluoruro de nitrógeno (NF₃) (Innovation Center for U.S Dairy, 2019).

⁷ Aquellas emisiones generadas por fuentes que la organización posee o sobre las cuales ejerce control operativo. (ENCORD, 2012).

⁸ Las emisiones indirectas son aquellas generadas por fuentes que no son propiedad ni están bajo el control directo de la organización informante, sino de un tercero. No obstante, dichas emisiones se ven afectadas por las actividades, decisiones o el consumo de recursos de la organización que presenta el reporte. (ENCORD, 2012).

emisiones derivadas de la fuente de electricidad utilizada, mientras que el método basado en el mercado (market-based) refleja las emisiones de la electricidad contratada, o en su ausencia, la energía estándar proporcionada por la red (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2015).

Las emisiones de alcance 3, son aquellas que la empresa no puede controlar directamente, ya que se generan a lo largo de toda su cadena de valor, desde la producción y transporte de materiales hasta el uso de los productos vendidos (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2011). Estas pueden llegar a representar hasta el 90% de la huella de carbono total de una organización (Scope 1, 2, and 3 Emissions, 2024). El protocolo mencionado previamente establece 15 categorías para este alcance, siendo obligatorio especificar cuales se ha utilizado (World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2011).

Las empresas tienen la obligación de reportar el alcance 1 y 2. Sin embargo, el reporte del alcance 3, que suele representar la mayor parte de la huella de carbono, no es obligatorio en todos los sectores, ya que depende de la normativa vigente en cada país o industria (Climate Impact Partners, 2024). En la Unión Europea, la Directiva de Informes de Sostenibilidad Corporativa (CSRD), estableció en 2023 la obligación de reportar las emisiones de alcance 3 para las empresas privadas, convirtiéndose en la primera Directiva a nivel mundial (Pacto Mundial Red España, 2024). En Estados Unidos, la Comisión de Bolsa y Valores (SEC), propuso en 2022 una nueva normativa que exige a las grandes y medianas empresas divulgar sus emisiones de alcance 1, 2 y 3 a partir de 2024 (Abraham et al., 2022). Para las pequeñas empresas, la obligación de reportar las emisiones de alcance 1 y 2 entró en vigor a partir de 2024, mientras que para las emisiones de alcance 3, será exigido a partir de 2025 (Abraham et al., 2022).

A continuación, se presenta un desglose detallado de la huella de carbono de Amazon, expresada en millones de toneladas de CO₂ equivalente (Mt CO₂e), permitiendo visualizar el impacto ambiental en sus diversas operaciones, desde el consumo energético directo hasta las emisiones generadas a lo largo de su cadena de valor.

Tabla 5: Huella de carbono Amazon

Categoría de emisiones (Mt CO ₂ ⁹)	2019	2020	2021	2022	2023	%
Emisiones directas (Alcance 1)	5.76	9.62	12.11	13.32	14.27	+ 7%
Combustibles fósiles	5.57	9.37	11.89	12.96	14.00	+8%
Refrigerantes	0.19	0.25	0.22	0.36	0.27	-25%
Emisiones por compra de electricidad (Alcance 2)	5.50	5.27	4.07	3.14	2.79	-11%
Emisiones indirectas (Alcance 3)	39.91	45.75	55.36	54.28	51.76	-5%
Compras y productos de Amazon	15.41	16.70	19.09	19.72	19.11	-3%
Bienes de capital (infraestructura, servidores, vehículos, etc)	8.01	10.52	15.37	10.25	8.95	-13%
Otras emisiones indirectas (transporte de terceros, embalaje, energía upstream)	12.44	15.77	18.00	20.90	20.07	-4%
Emisiones del ciclo de vida de los clientes que visitan tiendas físicas	4.05	2.77	2.91	3.41	3.63	+7%
Huella de carbono total de Amazon	51.17	60.64	71.54	70.74	68.82	-3%

Fuente: elaboración propia adaptada al Informe de sostenibilidad de (Amazon, 2023b).

Al examinar la huella de carbono, destaca un incremento significativo en las emisiones de Alcance 1 desde 2019, posiblemente ligado a la expansión e incorporación de vehículos eléctricos para la entrega de productos. Aunque estos reducen emisiones en comparación con los de combustible, su fabricación y operación siguen contribuyendo a la huella total. Por otro lado, las emisiones derivadas de los refrigerantes han disminuido sus emisiones en un 25%, en parte, gracias a que Amazon, a través de su colaboración con Water.org y WaterAid, ha facilitado el acceso a agua potable y saneamiento a 690.000 personas (Amazon, 2023b). Además, ha logrado devolver 3.500 millones de litros de agua a comunidades locales mediante proyectos de reabastecimiento (Amazon, 2023b). Con estas acciones, AWS avanza hacia su objetivo de ser *water positive* para 2030, habiendo alcanzado ya el 41% de su meta en 2023 (Amazon, 2023b).

Las emisiones de alcance 2 derivadas del consumo energético, han mostrado una reducción progresiva debido a la adopción de energías renovables, destacando la instalación de 243 parques eólicos y solares, así como 270 sistemas solares en techos de instalaciones y tiendas (Amazon, 2023b). Además, la implementación de inteligencia artificial en sus centros de datos ha optimizado el consumo energético, contribuyendo aún más a la reducción de estas emisiones.

⁹ Para medir la huella de carbono, se emplea el CO₂ equivalente, ya que el dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero más presente en la atmósfera y se utiliza como referencia para calcular el impacto ambiental de otros gases. (Greenpeace, 2020).

En relación con las emisiones de alcance 3, se ha registrado una reducción del 5% respecto al año anterior, equivalente a aproximadamente 4 millones de toneladas de CO₂e, gracias a mejoras en la construcción de infraestructuras y la sustitución de materiales contaminantes como el hormigón y al acero, evitando aproximadamente 79,500 toneladas de CO₂e (Amazon, 2023b). Asimismo, ha reducido la dependencia de transportistas externos mediante la optimización logística con el uso de vehículos eléctricos propios. Adicionalmente, con la implementación del *Packaging Decision Engine*, ha logrado reducir el uso del *packaging*, eliminando la dependencia en aquellos proporcionados por terceros, contribuyendo aún más a la reducción de las emisiones dentro de su cadena de suministro (Amazon, 2023b). La combinación de estos dos elementos ha contribuido a una reducción del 4% de la huella de carbono de la empresa (Amazon, 2023b).

3.2 Microsoft

Microsoft, fundada en 1975 por Bill Gates y Paul Allen es una de las principales empresas tecnológicas del mundo, consolidándose como referente en el desarrollo de software, hardware y servicios en la nube (Statista, 2024a). Su crecimiento se ha basado expansión y adquisiciones. Desde 1994 ha adquirido alrededor de 77 empresas, entre ellas, LinkedIn y Skype se distinguen por su relevancia internacional (Microsoft, 2025b). Su principal fuente de ingresos proviene de la comercialización de licencias de software¹⁰, destacando especialmente el sistema operativo Windows, líder en el mercado de ordenadores, aunque con menor éxito en dispositivos móviles y tablets.

En el ámbito de la computación de la nube, su plataforma Azure se ha convertido en uno de sus pilares estratégicos, ya que generó ingresos cercanos a los \$80 billones en 2023, situándose solo por detrás de Amazon Web Services (AWS), que alcanzó \$90 billones (Amazon, 2024h; Microsoft, 2024c). A pesar de la competencia, ambas empresas mantienen una cooperación estratégica, ofreciendo servicios compatibles que optimizan costes, mejoran el rendimiento y amplían la flexibilidad de sus operaciones (Amazon Web Services, 2025a).

¹⁰ Programas que permiten el funcionamiento de un dispositivo electrónico

En hardware¹¹, pese a la competencia de empresas como Apple y Sony, su consola Xbox continúa siendo una de las más relevantes en la industria de videojuegos (Statista, 2024a). En este sector, los ingresos aumentaron de \$168 billones en 2021 a \$211 billones en 2023 (Microsoft, 2023). Esto se debe, en gran medida, a la adquisición de Activision Blizzard en 2022, por aproximadamente 68.700 millones de dólares, pues facilitó su presencia en la industria y consolidó el ecosistema de Xbox y servicios de suscripción como *GamePass*¹² (Microsoft, 2022).

3.2.1 Historia en el uso de la inteligencia artificial en Microsoft

Microsoft ha recorrido un extenso camino en el desarrollo de la inteligencia artificial desde su fundación en 1975, iniciando pruebas en los años 90. Aunque estos intentos no fueron completamente exitosos, sentaron las bases para el avance de tecnologías que, con el tiempo, darían lugar a una IA más sofisticada y funcional.

En 1997, presentó *Clippy*, uno de los primeros asistentes virtuales de Microsoft Office, diseñado para anticiparse a las necesidades del usuario (Prego, 2021). A pesar de sus buenas intenciones, varios usuarios lo encontraron molesto e intrusivo, por lo que la mala recepción llevó a Microsoft a reducir su presencia en versiones posteriores de Office hasta que finalmente se eliminó por completo en 2007 (Prego, 2021).

Durante la década siguiente, Microsoft continuó explorando nuevas aplicaciones de IA. En 2014, lanzó *Cortana*, un asistente virtual con funciones de gestión de tareas y comandos de voz. Aunque estaba bien integrado en el ecosistema de Windows, no logró competir con otras plataformas más avanzadas, lo que llevó a su discontinuación en 2023 (Corrales, 2023). En 2016, Microsoft hizo un experimento lanzando *Tay*, un chatbot en Twitter diseñado para aprender de las interacciones, pero su rápida exposición a contenido inapropiado llevó a su eliminación en pocas horas (BBC News Mundo, 2016).

A pesar de estos fracasos iniciales, Microsoft aprendió de sus errores y, en los últimos años, ha logrado superar con creces sus propias limitaciones, posicionándose como uno de los líderes en el sector. Actualmente, la compañía ha estructurado su trabajo en la IA a

¹¹ Equipos electrónicos

¹² Plataforma de suscripción mensual que permite acceder a una amplia selección de videojuegos. (Fernández, 2022).

través de diversas iniciativas y proyectos. En este sentido, se resaltarán aquellos de mayor impacto y relevancia para el presente estudio.

Uno de los proyectos claves fue el lanzamiento de *Copilot* el 1 de noviembre de 2023, un asistente de IA incorporado en su ecosistema digital para optimizar la productividad y simplificar tareas cotidianas en plataformas como Microsoft 365, Windows 11, GitHub (Microsoft, 2024). Actualmente, *Copilot* es utilizado por más de 2.1 millones de usuarios con el fin de optimizar sus tareas y agilizar procesos (Microsoft, 2024a).

En el ámbito de la computación de la nube, Microsoft ha diseñado *Azure*, su principal plataforma e iniciativa de inteligencia artificial, diseñada para ayudar a empresas y desarrolladoras (Microsoft, 2023c). Actualmente, el 95% de las empresas de la lista Fortune 100, utilizan Azure para gestionar y respaldar sus operaciones, lo que ha motivado a la compañía a invertir en la optimización de más de 300 centros de datos con IA para mejorar su eficiencia energética y sostenibilidad (Taylor, 2024).

En el sector de la salud, la iniciativa *Health AI*, busca mejorar la eficiencia en la medicina mediante herramientas basadas en IA. En colaboración con organizaciones del ámbito sanitario e implementado en Stanford Medicine, ha desarrollado DAX Copilot, un dispositivo que ayuda a reducir la carga administrativa de los médicos, permitiéndoles centrarse más en la atención al paciente (Dahdah, 2024). Su impacto ha sido significativo ya que el 96% de los profesionales encontró la herramienta intuitiva y de uso accesible, el 78% indicó que mejoró la toma de notas clínicas, y alrededor del 66% afirmó haber reducido tiempos de trabajo (Dahdah, 2024).

Microsoft también impulsa proyectos de impacto social a través de *AI for social Good*, ofreciendo financiamiento y tecnología en áreas para mayor accesibilidad, sostenibilidad, salud y derechos humanos, entre otros (Microsoft, 2023c). Su laboratorio *AI for Good Lab* utiliza big data y la nube de Azure para desarrollar soluciones como mapeo de zonas habitadas para mejorar la preparación ante desastres naturales o identificación de infraestructuras vulnerables (Microsoft, 2023c).

Para el desarrollo de estos programas, Microsoft creó *AI Research*, una iniciativa dedicada a transformar descubrimientos científicos en tecnología avanzada, garantizando que sus

soluciones sean eficientes y generen un impacto significativo en sus clientes y en la sociedad (Microsoft, 2023a). Adicionalmente, mediante la Microsoft *Climate Research Initiative*, la compañía apoya investigaciones que combinan IA y análisis de datos para afrontar el cambio climático de forma más eficaz (Microsoft, 2025c).

Para sustentar estos proyectos, Microsoft fundó en 2020, el *Climate Innovation Fund*, un fondo de 1.000 millones de dólares para apoyar soluciones tecnológicas contra el cambio climático (Nakagawa, 2024). Hasta ahora, ha invertido alrededor de 760 millones de dólares para financiar más de 50 proyectos y empresas a nivel mundial (Nakagawa, 2024).

3.2.2 Estrategias sostenibles a través de la IA

Ante la creciente preocupación por problemas globales como la inseguridad alimentaria en 33 millones de personas, la pérdida del 70% de la biodiversidad mundial desde 1970 y la falta de acceso a servicios médicos esenciales para el 50% de la población, Microsoft reconoció la urgencia de desarrollar soluciones tecnológicas para mitigar su impacto (Microsoft, 2017). Como respuesta, en diciembre de 2017, Microsoft anunció la expansión de su programa *AI for Earth*, invirtiendo alrededor de 50 millones de dólares para proporcionar herramientas basadas en IA a personas y organizaciones en áreas clave como la agricultura, biodiversidad, cambio climático y gestión del agua (Microsoft, 2017).

En este sentido, el presente análisis abordará proyectos relacionados con las áreas mencionadas, para luego centrarse en la energía renovable y los centros de datos, pilares clave en su estrategia de sostenibilidad a largo plazo. Finalmente, se examinará la efectividad de estas iniciativas a través de la evaluación de su impacto en la reducción de la huella de carbono y su contribución a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

IA aplicada a la conservación del medioambiente

Microsoft utiliza la inteligencia artificial para monitorear ecosistemas, proteger la biodiversidad y mitigar el cambio climático. Sus modelos avanzados de IA optimizan la gestión de riesgos y la respuesta ante emergencias ambientales. Como parte de esta estrategia, Microsoft ha desarrollado *Planetary Computer*, una plataforma de acceso abierto con más de 120 fuentes de datos ambientales para monitorear en tiempo real

cambios climáticos y emergencias ambientales, facilitando la gestión sostenible del planeta (Microsoft, 2024b).

Uno de los casos más relevantes se encuentra en India, donde más del 50% de los incendios forestales conllevan pérdidas humanas y daños ambientales (GFDRR, 2020). En los últimos cinco años, se registró un total de más de 624.663 alertas de incendios (Global Forest Watch, 2025). En respuesta, Microsoft desarrolló un modelo de aprendizaje automático basado en datos climáticos y geoespaciales para predecir incendios con alta precisión, mejorando la respuesta ante emergencias (Gholami et al., 2021).

Asimismo, en la región de Delhi, las condiciones climáticas extremas con temperaturas de hasta 50°C y vientos fríos en invierno, representan un riesgo para la salud pública, aumentando la incidencia en enfermedades respiratorias, golpes de calor e incluso el fallecimiento en casos de exposición prolongada (Microsoft, 2025). Para abordar esta problemática, la organización SEEDS¹³ junto con Microsoft desarrollaron *Sunny*, un modelo de IA que analiza datos meteorológicos e imágenes satelitales para identificar a las poblaciones más vulnerables (Microsoft, 2025). Desde su implementación, ha asistido a más de 6 millones de personas en India y busca expandirse para proteger a 315 millones de individuos en zonas de alto riesgo climático para 2030 (Microsoft, 2025).

En el ámbito de la respuesta ante desastres naturales, tras el terremoto en Turquía el 6 de febrero de 2023, Microsoft empleó métodos de IA e imágenes satelitales para evaluar los daños en infraestructuras de varias ciudades¹⁴ del sureste del país (Robinson et al., 2023). Los resultados del análisis detectaron 3.849 edificios afectados, desde daños parciales hasta destrucción total (Robinson et al., 2023). Marash fue la más afectada, con un 7,44% de sus edificios dañados y se estimó que alrededor de 160.411 personas fueron impactadas en las ciudades evaluadas (Robinson et al., 2023).

Además, en la selva amazónica donde cerca del 18% de su extensión ya está desaparecida y otro 17% presenta deterioro ambiental, Microsoft ha proporcionado tecnologías

¹³ Organización sin ánimo de lucro en India cuya función principal es fortalecer las comunidades vulnerables combinando innovación tecnológica y métodos tradicionales (SEEDS, 2025).

¹⁴ Marash, Turkoglu, Nurdagi e Islahiye (Robinson et al., 2023).

avanzadas de IA para analizar datos acústicos, permitiendo un monitoreo más preciso de las especies existentes (Microsoft, 2024b). Gracias a esta tecnología se han analizado más de 100.000 grabaciones, alcanzando una fiabilidad superior al 80% en la determinación de las especies (Smith, 2023).

Por otro lado, para reducir la contaminación, Microsoft ha optimizado el *packaging* en el hardware, con un 89.4% de reciclaje en servidores y componentes (Microsoft, 2024b). Para 2025, eliminará los plásticos de un solo uso y asegurará que el 100% de los paquetes sean sostenibles, incorporando al menos un 50% de materiales reciclados y reduciendo su peso en un 10% respecto a 2020 (Microsoft, 2024b).

IA aplicada en la agricultura y la seguridad alimentaria

La IA también se ha convertido en una herramienta clave para asegurar la productividad agrícola, optimizar la gestión de cultivos y mejorar la eficiencia en el uso de recursos naturales. En este ámbito, Microsoft ha desarrollado soluciones basadas en IA para monitorear el suministro de alimentos, anticipar riesgos de escasez y garantizar una distribución equitativa, contribuyendo así a un sistema alimentario más resiliente y sostenible.

En un estudio realizado por Microsoft, se aplicaron algoritmos de aprendizaje automático para predecir la inseguridad alimentaria en los hogares más vulnerables del sur de Malaui, donde el 61,7% de la población vive en situación de pobreza (MPPN, 2021). A través del análisis de encuestas mensuales recopiladas por Catholic Relief Services, se entrenaron modelos de IA para identificar los principales factores de riesgo, revelando que la ubicación geográfica y el bienestar autoevaluado fueron las variables más influyentes (Gholami et al., 2022). El modelo más efectivo logró una precisión del 83% y el F1-Score¹⁵ del 81%, demostrando así la efectividad del aprendizaje automático para anticipar crisis alimentarias (Gholami et al., 2022).

Asimismo, Microsoft desarrolló un modelo de IA para analizar la desnutrición en India, un problema que afecta a un 38,4% de los niños con alteraciones en su crecimiento y el 24% con un peso insuficiente para su altura (Moninger, 2020). Para ello, se emplearon datos del Censo de 2011 y la Encuesta Nacional de Salud Familiar de 2016, analizando

¹⁵ El F1-Score es la media entre la precisión y la exhaustividad, utilizado en modelos de evaluación de Machine Learning. (Gholami et al., 2022).

casi 600.000 aldeas (Kim et al.,2021). Los resultados indicaron que entre 54.2% y 72.3% de la variabilidad en las tasas de desnutrición se debe a factores locales, mientras que entre 20,6% y 39,5% esté relacionada con la ubicación geográfica (Kim et al.,2021).

Además de su papel fundamental en la seguridad alimentaria, la agricultura es una de las principales causas del cambio climático, al contribuir en el 25% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero y consumir el 70% del agua dulce disponible (Saynes Santillán et al., 2016). Al mismo tiempo, es una de las industrias más afectadas, dado que sequías o inundaciones pueden afectar gravemente sus cultivos. Para abordar este desafío, Microsoft ha implementado el proyecto *FarmVibes*, el cual ofrece herramientas digitales como sensores, drones e imágenes satelitales para ayudar a los agricultores a medir emisiones, anticipar cambios en el clima y optimizar la gestión de sus tierras (Microsoft Research, 2022). Su aplicación en la fumigación permitió reducir en 35% el uso de productos químicos, mientras que, tras la cosecha de otoño, se estimó un ahorro adicional del 40% (Siegel, 2022). Asimismo, el uso eficiente de los recursos permitió cultivar aproximadamente 3.035 hectáreas, en comparación con las 303 hectáreas que anteriormente podían gestionarse con los mismos recursos (Siegel, 2022).

Finalmente, Microsoft ha destinado más de 3 millones de dólares en colaboración con Water.Org en el acceso de agua potable, desarrollando proyectos en Brasil, India, Indonesia, México y Chile (Microsoft, 2023b). Según los datos más recientes de 2023, estas iniciativas han beneficiado a más de 1,5 millones de personas en comunidades vulnerables, mejorando sus condiciones de vida (Microsoft, 2023b).

Energía renovable

En los últimos años, los acuerdos de compra de energía (PPAs) corporativos han desempeñado un papel clave en la generación de energía renovable, alcanzando en 2023 un nuevo máximo histórico de 46 GW en contratos de energía solar y eólica, representando un incremento del 12% respecto a 2022 (ENGIE España, s.f.). Estados Unidos lideró este crecimiento con 17,3 GW contratados, seguido por Europa con 15,4 GW (ENGIE España, s.f.). Microsoft destaca en este ámbito ya que actualmente gestiona más de 135 proyectos de energías limpias, consolidándose como uno de los mayores compradores corporativos a nivel mundial (Microsoft, 2024d).

En 2019, el 72% de su nueva generación energética provino de fuentes renovables y se estima que para 2035, representarán más del 50% del total, con predominio de energía eólica, solar e hidroeléctrica (Microsoft, s.f.). Como parte de su compromiso con la sostenibilidad, Microsoft ha establecido el objetivo de abastecer el 100% de su consumo energético con fuentes renovables para 2025 (Microsoft, 2024b). La siguiente tabla resume algunos de los principales PPAs firmados por Microsoft, detallando el proveedor, la capacidad contratada y la región donde se desarrollan estos proyectos.

Tabla 6: Acuerdos PPA Microsoft

Proveedor	Región	Capacidad contratada (MW) ¹⁶	Tipo de energía
EDP RENEWABLES	EE. UU (Illinois, Texas)	389	Solar
BROOKFIELD RENEWABLE	EE. UU y Europa	10.500	Mixto (Solar/Eólica)
PIVOT ENERGY	EE. UU (Diferentes regiones)	500	Solar
CONSTELLATION ENERGY	EE. UU (Pensilvania)	835	Nuclear
EUROPEAN ENERGY	Suecia y Dinamarca	180.6	Eólica y Solar
REPSOL	España	230	Eólica y Solar
RSTED	Mar del Norte, Europa	2.760	Eólica Marina
ATCO	Canadá (Alberta)	37	Solar
STANDARD SOLAR	EE. UU (Texas)	1.6	Solar
POWEREX	EE. UU (Washington)	200	Hidráulica
STATKRAFT	Ireland	366	Eólica y Solar
ENGIE	EE. UU (Texas)	230	Eólica y Solar
QCELLS	EE. UU (Diferentes regiones)	2.500	Solar

Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de (EDP, 2025), (Hollis, 2024), (Repsol, 2024), (European Energy, 2024), (Orsted, 2024), (ATCO, 2022), (Standard Solar, 2022), (Powerex, 2023), (StatKraft, 2022), (Microsoft, 2019) y (Microsoft, 2023d).

Asimismo, Microsoft no solo integra energías renovables en sus propias operaciones, sino que promueve su adopción en otras empresas mediante IA y tecnologías en la nube. Ejemplo de ello es su colaboración con Vestas Wind Systems A/S, donde se utiliza la IA para optimizar el rendimiento de parques eólicos, mejorando la eficiencia de las turbinas y reduciendo el impacto de las estelas (Microsoft, 2021a). Del mismo modo, Axpo, el mayor productor de energía renovable en Suiza emplea soluciones basadas en Microsoft Azure Cognitive Search, Azure Maps y Power BI para monitorear en tiempo real su red

¹⁶ Algunos datos se presentaban en KW (kilovatios) y han sido convertidos a MW (megavatios), considerando que 1MW equivale a 1000KW. (Sandy, A).

eléctrica de 2.400 km, reduciendo en un 99% los tiempos de búsqueda e identificando fallos de manera inmediata (Microsoft, 2021).

Optimización de centros de datos

Microsoft, como líder en software y servicios en la nube, implementa diversas estrategias para optimizar la eficiencia energética y sostenibilidad en sus centros de datos.

En la infraestructura, la empresa ha reducido el uso de materiales tradicionales como acero y hormigón, los cuales representan el 13,5% de las emisiones de carbono (Beatty, 2024). En su lugar, ha adoptado un diseño híbrido, que combina madera con acero y hormigón, logrando una reducción del 35% en la huella de carbono en comparación con construcciones de acero y en un 65% respecto a estructuras de hormigón (Beatty, 2024).

Por otro lado, el consumo de agua en la refrigeración de los centros de datos representa otro desafío clave. Para reducir su impacto, Microsoft emplea sistemas de enfriamiento por aire directo y captación del agua de la lluvia, ahorrando más de 7 millones de litros de agua al año (Microsoft, 2024b). En Suecia, la adopción de enfriamiento en sus centros de datos ha reducido el uso de agua en un 90% y los costes energéticos en un 30%, generando un ahorro estimado de más de 10 millones de litros de agua al año (Nakagawa, 2024a).

Además, Microsoft incorpora la IA en la optimización del consumo energético, desarrollando modelos de nube más eficientes y minimizando el uso de recursos, mediante su participación en la Green Software Foundation¹⁷ (Microsoft, 2021b). En colaboración con el Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste (PNNL), aplica la IA en la identificación de materiales alternativos para baterías, analizando más de 32 millones de materiales, de los cuales 500.000 fueron identificados como materiales estables (Nakagawa, 2024a).

¹⁷ La Green Software Foundation (GSF) es una organización que promueve el desarrollo de software sostenible, con el objetivo de reducir las emisiones de carbono generadas por el software a nivel global. (Green Software Foundation, 2025).

3.2.3 Contribución a los ODS

Como se acaba de mencionar, Microsoft ha implementado diversas iniciativas basadas en inteligencia artificial para afrontar desafíos globales relacionados con la sostenibilidad. Estas estrategias han permitido que Microsoft contribuya al cumplimiento de distintos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La aplicación de IA para prevenir desastres naturales y proteger la biodiversidad se vincula con los ODS 13 y 15. En el ámbito agrícola, su uso para anticipar la escasez de alimentos, detectar malnutrición infantil y optimizar el uso de agua y fertilizantes responde a los ODS 2, 6 y 12. La mejora de la eficiencia energética mediante IA y tecnologías en la nube está directamente relacionada con el ODS 7. Por último, la optimización de centros de datos a través de IA, orientada al ahorro de materiales, recursos y agua, contribuye al cumplimiento de los ODS 8 y 9.

A continuación, la tabla detalla estas acciones y los ODS específicos con los que se alinea.

Tabla 7: Aplicación de los ODS en Microsoft

Estrategia	Descripción	ODS
IA aplicada a la conservación del medioambiente	Uso de IA para prevenir y mitigar desastres ambientales y proteger la biodiversidad	 
IA aplicada en la agricultura y la seguridad alimentaria	Aplicación de IA para anticipar escasez de alimentos, mejorar la producción agrícola, detectar malnutrición infantil y optimizar el uso de agua y fertilizantes	  
Energía renovable	Uso de IA y tecnologías en la nube para mejorar la eficiencia energética en distintos sectores	
Optimización de centros de datos	Implementación de IA para mejorar la eficiencia operativa de los centros de datos, optimizando el uso de materiales y ahorro de agua	 

Fuente: elaboración propia. Imágenes extraídas de (Naciones Unidas, 2025).

3.2.4 Huella de carbono de Microsoft

En general, las emisiones de Microsoft se han incrementado en aproximadamente un 30% respecto al año anterior, lo que plantea la cuestión de si este crecimiento es justificable considerando las iniciativas previamente implementadas. La empresa atribuye este incremento principalmente a la expansión de su infraestructura tecnológica impulsada por la demanda de la inteligencia artificial y de la nube y por consiguiente un aumento en las emisiones de Alcance 3.

Tabla 8: Huella de carbono Microsoft

Categoría de emisiones (tCO ₂ e)	2020	2021	2022	2023
Emisiones directas (Alcance 1)	140.000	130.000	128.000	132.000
Emisiones por compra de electricidad (Alcance 2)	380.000	370.000	365.000	358.000
Emisiones indirectas (Alcance 3)	11.000.000	11.500.000	12.000.000	13.500.000
Huella de carbono total de Microsoft	11.520.000	12.000.000	12.493.000	13.990.000

Fuente: elaboración propia de datos extraídos de (Microsoft, 2024b)

Entre las categorías del Alcance 3, las que más impacto han generado son los Bienes y Servicios adquiridos y los Bienes de capital, con un 36,23% y 38,24% respectivamente. El impacto de los Bienes y Servicios adquiridos proviene del elevado consumo energético necesario en la producción del hardware (Greenhouse Gas Protocol, 2013). Por otro lado, el incremento de las emisiones de la categoría de Bienes de Capital ha sido motivado por la expansión en infraestructura tecnológica, con especial énfasis en los centros de datos, impulsada por la creciente demanda derivada del desarrollo de la IA y los servicios en la nube de Azure. Además, la construcción de estos centros continúa representando un desafío, ya que no parece que el modelo híbrido de materiales esté logrando una reducción efectiva en el impacto ambiental.

En relación con los Alcances 1 y 2, Microsoft ha adoptado estrategias para reducir sus emisiones. Aunque en el Alcance 1 no se ha registrado una disminución significativa, en el Alcance 2 sí se observa una reducción considerable gracias a la adquisición de energía

renovable. A pesar de estos esfuerzos, la combinación de ambos alcances representa solo el 4% del total de las emisiones de la empresa (Microsoft, 2024b).

Tras este análisis, se evidencia que estos esfuerzos no parecen suficientes para alcanzar su objetivo de cero emisiones netas para el 2030. Aunque ha logrado avances en la reducción de emisiones mediante el uso de energía renovable, su enfoque en consolidarse como líder en inteligencia artificial y servicios en la nube ha generado nuevas presiones ambientales que afectan directamente a la propia compañía. Para alcanzar su meta, Microsoft debe centrar sus esfuerzos en abordar las emisiones del Alcance 3, que actualmente representan el 95% de sus emisiones totales y continúan en aumento (Microsoft, 2024b).

3.3 Análisis comparativo

Tras haber analizado las iniciativas de sostenibilidad de Amazon y Microsoft, se ha elaborado la siguiente tabla comparativa que recoge sus estrategias en áreas clave como la reducción de emisiones de CO₂, el uso de energía y recursos hídricos, la economía circular, la protección de la biodiversidad y la innovación tecnológica. Esta comparación permite evaluar el grado de alineación de ambas compañías con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y su impacto en la transición hacia un modelo más sostenible.

Tabla 9: Análisis comparativo entre Amazon y Microsoft

	AMAZON	MICROSOFT	ODS
Emisiones de CO2	2023: 68 millones de toneladas	2023: 13 millones de toneladas	
Iniciativas de reducción	Climate Pledge Fund (\$2 billion investment)	Climate Innovation Fund (\$1 billion investment)	
Carbono y energía	- Cero emisiones netas para 2040 - 100% de energía renovable para 2025 (ya logrado en 2023) - IA para optimizar rutas de entrega y reducir emisiones en su flota de transporte. - Uso de IA en almacenes para mejorar eficiencia energética y logística.	- Carbono negativo para 2040 - 100% de energía renovable para 2050 - Uso de IA para optimizar centros de datos y mejorar su eficiencia energética - Uso de IA en el diseño de infraestructura sin consumo de agua para refrigeración. - Predicción de demanda energética para gestionar redes renovables.	 
Agua y recursos hídricos	- Meta de ser "Water Positive" para 2030 - Proyectos de acceso al agua potable para 690.000 personas - IA aplicada en AWS para mejorar la eficiencia hídrica en centros de datos.	- Meta de ser "Water Positive" para 2030 - Proyectos de acceso al agua potable para 1,5M personas - Modelos de predicción del impacto hídrico en comunidades vulnerables.	
Residuos y economía circular	- Reducción de plásticos en embalajes (-9%) - 75% menos desperdicio alimentario en Europa y 28% en EE. UU. - Más de 19,000 furgonetas eléctricas para entregas sostenibles	- Reducción de plásticos en embalajes (-3%) - 89.4% de reutilización o reciclaje en servidores y componentes - Cero residuos para 2030	
Biodiversidad y ecosistemas	- Proyectos de reforestación en Brasil para compensar emisiones. - Monitoreo de deforestación con IA. - Protección de hábitats en las zonas donde opera AWS. - Uso de IA para detección de deforestación en la Amazonía.	- Meta de proteger más tierra de la que utiliza para 2025. - 15,849 hectáreas protegidos (40% más que su meta inicial). - Uso de IA para monitorear biodiversidad (Planetary Computer)	  
Innovación y tecnología	- AWS Sustainability Data Initiative: Uso de datos para sostenibilidad - IA para optimizar logística y rutas de entrega. - Automatización en centros de distribución para reducir desperdicios.	- Microsoft Cloud for Sustainability para ayudar a empresas a reducir su huella de carbono. - AI for Sustainability: IA aplicada a gestión de recursos y reducción de emisiones. - AI for Social Good - AI Research	  

Fuente: elaboración propia a partir de datos extraídos de (Amazon, 2023b) y (Microsoft, 2024b) e imágenes de (Naciones Unidas, 2025).

Tanto Amazon como Microsoft han incorporado en sus operaciones la inteligencia artificial para facilitar el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), aunque con enfoques diferentes. Mientras Amazon se enfoca más en la logística y optimización de sus operaciones, Microsoft se ha centrado en ayudar a otros a través de la innovación tecnológica.

Ambas empresas han avanzado en la transición hacia energías renovables y en la reducción de su huella de carbono, con Microsoft estableciendo un objetivo más ambicioso de ser carbono negativo para 2040, mientras que Amazon ha logrado energía 100% renovable desde 2023, superando su objetivo siete años antes. En términos de gestión del agua, Microsoft ha beneficiado a más personas con acceso a agua potable, mientras que Amazon ha optimizado la eficiencia hídrica en sus centros de datos.

En economía circular, Microsoft destaca con 89.4% de reutilización o reciclaje en servidores y componentes, mientras que Amazon ha reducido su desperdicio alimentario y el uso de plásticos en el *packaging*. En relación con la biodiversidad, Microsoft ha protegido más hectáreas a través de la prevención con el uso de la IA, mientras que Amazon enfoca su estrategia en la reforestación y el monitoreo de deforestación con IA.

En términos de cumplimiento de ODS, ambas compañías contribuyen con modelos de actuación diferentes al ODS 7 (energía asequible y no contaminante), con su transición a energías renovables, al ODS 9 (industria, innovación e infraestructura), mediante el uso de la IA y tecnología avanzada para mejorar la eficiencia energética y logística, el ODS 12 (Producción y consumo responsables), con la reducción de plásticos, la economía circular y la gestión sostenible de recursos, el ODS 13 (Acción por el clima), con objetivos de carbono neutral y la reducción de su huella ambiental, el ODS 6 (agua limpia y saneamiento), con iniciativas como "Water Positive" y acceso a agua potable para comunidades vulnerables y el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres) mediante la reforestación y el monitoreo de biodiversidad con IA. Además, contribuyen al ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), generando empleo en sectores tecnológicos, y al ODS 2 (Hambre cero), mediante proyectos vinculados a la seguridad alimentaria, la mejora de la productividad agrícola y la distribución eficiente de recursos a través de la inteligencia artificial.

Si bien ambas compañías han logrado avances significativos, todavía enfrentan el desafío de reducir sus emisiones indirectas (Alcance 3) y mejorar la sostenibilidad de sus cadenas de suministro. Su impacto en la lucha contra el cambio climático dependerá de la implementación de sus estrategias a largo plazo, garantizando que el uso de sus herramientas tecnológicas en los modelos de negocio sean cada vez más sostenibles y escalables.

4. Resultados

A continuación, se procederá a analizar los resultados obtenidos en relación con los objetivos principales del estudio, evaluando si la inteligencia artificial es una herramienta efectiva para lograr los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y, por consiguiente, si está reduciendo la huella de carbono. Además, se presentarán los resultados derivados de la encuesta y la entrevista, los cuales proporcionan una perspectiva adicional sobre la percepción de la IA en la sostenibilidad y los desafíos que enfrentan las empresas en su implementación.

4.1 Aplicación a los ODS y estrategias

Tras el análisis de las estrategias de sostenibilidad de Amazon y Microsoft, se concluye que ambas empresas están contribuyendo al cumplimiento de los ODS, aunque con enfoques y resultados diferentes. Por un lado, Microsoft presenta un mayor impacto en el ODS 15 (Vida de ecosistemas terrestres), no solo por contar con un mayor número de proyectos dedicados a este objetivo en comparación con Amazon, sino también por haber sido pionero en este ámbito mediante el desarrollo de *Planetary Computer*, una plataforma dedicada a la protección y restauración de los ecosistemas. Asimismo, respecto al ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), Microsoft ha proporcionado acceso a agua potable al doble de personas que Amazon. Por otro lado, Amazon destaca notablemente en el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), al operar con el 100% de energía renovable. Asimismo, en relación con el ODS 12 (Producción y consumo responsables), Amazon ha duplicado la reducción en plásticos en el *packaging* en comparación con Microsoft.

Sin embargo, la huella de carbono sigue siendo un desafío ya que ambas compañías mantienen niveles elevados de emisiones, e incluso en el caso de Microsoft estas han aumentado con respecto al año anterior. Estos hallazgos responden a los objetivos principales del estudio, evidenciando que, si bien la inteligencia artificial se está utilizando como una herramienta para avanzar en la sostenibilidad, su efectividad aún es limitada en términos de reducción de la huella de carbono.

En el caso de Amazon, a pesar de tener una huella de carbono más alta que Microsoft, ha logrado una reducción del 3% en comparación con el año pasado, lo que indica que sus esfuerzos en sostenibilidad están dando resultados, especialmente en el uso de la inteligencia artificial para optimizar sus operaciones. En contraste, Microsoft, aunque mantiene una huella de carbono menor, ha registrado un incremento en sus emisiones de alcance 3, elevándose de 12 millones a 13.5 millones de toneladas en solo un año. Esto sugiere que, si bien la compañía lidera en la implementación de tecnologías sostenibles y en el apoyo a otras empresas para reducir su impacto ambiental, su propia gestión interna de emisiones de carbono no está siendo igual de efectiva.

El crecimiento en el uso de la IA y tecnologías avanzadas dentro de Microsoft podría estar contribuyendo a este aumento en emisiones, lo que pone en evidencia la necesidad de un enfoque más equilibrado. Mientras la empresa sigue expandiendo su innovación en inteligencia artificial y sostenibilidad aplicada a terceros, es crucial que también priorice la reducción de su propio impacto ambiental derivado del desarrollo de estas tecnologías. De manera similar, Amazon, a pesar de sus esfuerzos en energías renovables y optimización logística, mantiene una huella de carbono elevada.

4.2 Encuesta y entrevista

En el presente estudio se llevó a cabo una encuesta con la participación de 123 personas, de las cuales 117 tenían entre 18 y 25 años, 3 pertenecían al rango de entre los 25 y 45 años y 2 entre 45 y 65. Asimismo, se realizó una entrevista a Tania Raquel García Wallen, ingeniera medioambiental, con el objetivo de profundizar en aspectos técnicos y especializados relacionados con la sostenibilidad y el uso de la inteligencia artificial en este ámbito.

A continuación, se procede al análisis de los resultados obtenidos en ambas metodologías, con el fin de identificar tendencias, percepciones y desafíos en la aplicación de la IA en el contexto medioambiental.

Encuesta

Los resultados de la encuesta reflejan un bajo nivel de conocimiento y formación sobre la inteligencia artificial, especialmente en su aplicación para la sostenibilidad. Aunque 69

personas afirman estar “algo” familiarizadas con la IA, solo el 17% ha recibido formación específica, lo que indica que el acceso a la educación en esta tecnología aún es limitado. Más preocupante es que el 85% de los encuestados desconoce el uso de la IA en la lucha contra problemas medioambientales, y un 98% no está al tanto de iniciativas de sostenibilidad impulsadas por empresas como Amazon o Microsoft. Esto sugiere una falta de divulgación y comunicación efectiva por parte de estas compañías sobre sus esfuerzos en sostenibilidad.

Estos datos evidencian la necesidad de mayor educación y sensibilización sobre cómo la IA puede ser una herramienta clave en la reducción de emisiones, la optimización de recursos y la protección del medioambiente. Asimismo, resalta la importancia de que las grandes empresas no solo implementen estrategias sostenibles, sino que también informen y eduquen a la sociedad sobre su impacto, asegurando que sus iniciativas sean más visibles y accesibles al público. De lo contrario, si la mayoría de las personas desconoce que la IA puede ser una herramienta clave en la lucha contra el cambio climático, habrá menos presión social y regulatoria para que empresas como Amazon y Microsoft aceleren sus compromisos con la sostenibilidad. Como consecuencia, la adopción de tecnologías sostenibles en sectores estratégicos podría verse afectada.

Otro aspecto alarmante es que solo el 17% de los encuestados ha declarado haber recibido algún tipo de formación en IA, lo que sugiere una brecha de conocimiento que podría afectar el desarrollo de nuevas tecnologías verdes. Si las empresas no fomentan la formación en IA aplicada a la sostenibilidad, la falta de profesionales especializado ralentizaría la innovación y la implementación de soluciones efectivas.

A esto se suma el bajo nivel de confianza en la IA como herramienta para la sostenibilidad. A pesar de las iniciativas de Amazon y Microsoft para reducir su impacto ambiental, solo el 48% de los encuestados se siente “algo” confiado en que la IA pueda ofrecer soluciones reales a los problemas medioambientales. Además, el 36% mantiene una postura “neutral” sobre su impacto en la sostenibilidad en los próximos 10 años, reflejando un cierto escepticismo sobre su papel en la transición ecológica.

Este escepticismo puede estar relacionado con el hecho de que, si bien la IA tiene el potencial de optimizar la eficiencia energética y reducir emisiones, su desarrollo e

implementación también conlleva un alto consumo de recursos. Un ejemplo de ello es Microsoft, cuya huella de carbono ha aumentado en el último año, incrementándose de 12 a 13.5 millones de toneladas de CO₂ en Alcance 3, en parte debido a la mayor demanda energética asociada a sus infraestructuras de IA. De hecho, el 45% de los encuestados considera que la infraestructura de IA representa una de las principales amenazas para el medioambiente, lo que refuerza la idea de que su alto consumo energético sigue siendo una barrera para su aceptación. A su vez, un 23% señala la dependencia tecnológica como una inquietud clave, lo que sugiere que, además del impacto ambiental, existe una preocupación sobre la concentración de poder en grandes empresas tecnológicas, que dominan el desarrollo y control de esta tecnología.

Adicionalmente, el desconocimiento sobre el impacto de la IA en la sostenibilidad podría generar menos incentivos gubernamentales y privados para desarrollar tecnologías verdes. Si no hay suficiente conciencia social, los gobiernos y las instituciones podrían priorizar otras áreas, dejando en un segundo plano la inversión en IA para la sostenibilidad. Esta falta de apoyo no solo afectaría a las grandes empresas, sino que también perjudicaría a pequeñas y medianas empresas, que requieren una inversión inicial elevada y suelen tener menos acceso a recursos o financiación.

Entrevista

En la entrevista realizada se abordaron diversos aspectos que pueden pasar desapercibidos para quienes no están familiarizados con el sector. A partir de esta conversación, se identificaron varias conclusiones clave, alineadas con los resultados obtenidos en la encuesta.

Una de las principales barreras para la adopción de la inteligencia artificial en las empresas es el desconocimiento sobre su uso y aplicación. La falta de formación adecuada dificulta la implementación de soluciones efectivas, lo que puede llevar a estrategias ineficientes o erróneas que no optimicen los procesos de sostenibilidad.

Además, para pequeñas y medianas empresas, el principal obstáculo radica en la elevada inversión inicial. No solo deben afrontar el coste de la infraestructura y maquinaria necesaria para integrar la IA, sino también el pago de licencias para su uso y gestión. Esta

barrera económica limita el acceso a la tecnología, generando una brecha entre las grandes y pequeñas empresas que buscan integrar la IA en sus estrategias medioambientales.

Otro aspecto relevante es que, aunque exista una normativa sobre inteligencia artificial, como la Ley de IA de la Unión Europea, esta no aborda específicamente su aplicación en sostenibilidad. Esta falta de marcos normativos que guíe el uso de la IA en sostenibilidad puede generar incertidumbre en las empresas sobre cómo implementarla correctamente. Sin una regulación clara, las compañías pueden enfrentar obstáculos para integrar la IA en sus estrategias medioambientales, ya sea por desconocimiento de buenas prácticas, falta de estándares comunes o riesgos legales asociados. Esta ausencia de normativas también puede ralentizar la adopción de la tecnología, ya que muchas organizaciones prefieren esperar directrices claras antes de realizar inversiones significativas en su desarrollo e implementación.

5. Conclusiones

Tras analizar los resultados, muestran que, si bien la IA tiene un gran potencial para optimizar recursos, reducir emisiones y mejorar la eficiencia energética, existen brechas de conocimiento y confianza que limitan su adopción. En la encuesta se reflejó que la mayoría de los encuestados desconoce cómo se aplica la IA en sostenibilidad y solo un pequeño porcentaje ha recibido formación en esta área. Además, persisten preocupaciones sobre el alto consumo energético de la IA, evidenciado en el aumento de la huella de carbono de Microsoft debido a la demanda energética que supone.

A partir de estos hallazgos, se puede concluir en que ambas empresas han desarrollado estrategias alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), implementando la IA. No obstante, los resultados sugieren que, aunque las iniciativas son ambiciosas, su impacto no es completamente efectivo ni suficiente. Si bien se han logrado avances en logística, eficiencia energética y reducción de residuos, las emisiones totales siguen siendo elevadas y en algunos casos han aumentado, lo que pone en duda su capacidad para cumplir plenamente los ODS.

Este escenario revela que, aunque la IA tiene el potencial de optimizar procesos, y mejorar la eficiencia ambiental, aún no se está aprovechando completamente. Factores como la falta de formación, la ausencia de regulaciones específicas y la necesidad de una inversión inicial elevada, limitan su impacto, impidiendo que las empresas maximicen sus beneficios en términos de sostenibilidad.

Desde una perspectiva empresarial, estos resultados evidencian la necesidad de una mayor educación y divulgación sobre la aplicación de la IA en la sostenibilidad. No es suficiente con desarrollar tecnologías avanzadas, sino que las empresas deben informar y formar a sus empleados, clientes e inversores sobre su impacto real. Además, es fundamental mejorar la transparencia y medición de resultados, demostrando con datos concretos, que la IA está contribuyendo de manera efectiva a la sostenibilidad y no generando nuevos problemas ambientales.

No obstante, este estudio abre la puerta a nuevas líneas de investigación. Futuras investigaciones podrían analizar el impacto de la IA en empresas pequeñas, explorando

cómo pueden implementarla teniendo en cuenta los menores recursos y los efectos en su huella de carbono. Asimismo, sería relevante examinar cómo los gobiernos y organismos internacionales puede regular la IA para garantizar que su desarrollo vaya acompañado de una reducción de su huella ambiental.

En conclusión, la IA representa una herramienta con un gran potencial para avanzar hacia modelos de negocio más sostenibles, pero su adopción enfrenta desafíos estructurales, económicos y de percepción pública. Para que realmente sea efectiva en la reducción de la huella de carbono y la optimización de iniciativas sostenibles, es necesario fomentar la regulación, la accesibilidad y la educación en torno a esta tecnología, asegurando que su desarrollo beneficie no solo a grandes compañías, sino también a empresas de menor escala y a la sociedad en su conjunto.

6. Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa

ADVERTENCIA: Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

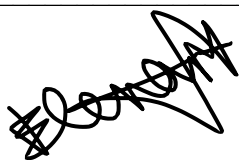
Por la presente, yo, Elena María Zaragoza estudiante de ADE y Relaciones Internacionales de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "Sostenibilidad y tecnología: la inteligencia artificial como herramienta de cambio", declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
3. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
4. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
5. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

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

Fecha: 25 de marzo de 2025

Firma: _____



7. Bibliografía

Abraham, E., Rand, D., McCracken, L., Sullivan, K., & Wilde, J. (2022). Comprehensive Analysis of the SEC's Proposed Rule on Climate Disclosure Requirements. *Deloitte*, 29(4). Recuperado de <https://dart.deloitte.com/USDART/home/publications/deloitte/heads-up/2022/sec-analysis-climate-disclosures>

Accenture. (2024). *Thrive with responsible AI: How embedding trust can unlock value*. Accenture. Recuperado de <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/accenture-com/document-3/Accenture-Responsible-AI-From-Risk-Mitigation-to-Value-Creation.pdf#zoom=40?tlaAppCB>

Amazon (10 de julio, 2024a.). *Amazon cumple su objetivo de operar con energía 100 % renovable 7 años antes de lo previsto*. ES About Amazon. Recuperado el 17 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.es/noticias/sostenibilidad/amazon-cumple-su-objetivo-de-operar-con-energia-100-renovable-7-anos-antes-de-lo-previsto>

Amazon (3 de febrero, 2021). *Amazon's custom electric delivery vehicles are starting to hit the road*. Recuperado el 8 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/amazons-custom-electric-delivery-vehicles-are-starting-to-hit-the-road>

Amazon. (22 de noviembre, 2024b). *Amazon is using AI to make holiday shopping even more convenient*. Recuperado el 7 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-uses-ai-to-improve-shopping>

Amazon (10 de julio, 2024c). *Amazon lidera el auge de la energía eólica marina*. ES About Amazon. Recuperado el 18 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.es/noticias/sostenibilidad/aprovechando-los-vientos-oceanicos-amazon-lidera-el-auge-de-la-energia-eolica-marina>

Amazon (14 de octubre, 2024d). *Amazon presenta su centro logístico más avanzado del mundo impulsado por IA y con 10 veces más tecnología robótica*. ES About Amazon. Recuperado el 12 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.es/noticias/trabajar-en-amazon/amazon-presenta-su-centro-logistico-impulsado-por-ia>

Amazon. (2024h). *2023 Annual Report*. Amazon Inc. Recuperado de https://s2.q4cdn.com/299287126/files/doc_financials/2024/ar/Amazon-com-Inc-2023-Annual-Report.pdf

Amazon (23 de octubre, 2023a). *Amazon supera los 2,3 GW de capacidad renovable en España con 24 nuevos proyectos*. ES About Amazon. Recuperado el 9 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.es/noticias/sostenibilidad/amazon-supera-los-2-3-gw-de-capacidad-renovable-en-espana-con-24-nuevos-proyectos>

Amazon (6 de julio, 2023c). *A un 62 % de los españoles no le importaría recibir sus pedidos online sin embalaje adicional*. ES About Amazon. Recuperado el 15 de enero de 2025, <https://www.aboutamazon.es/noticias/sostenibilidad/a-un-62-de-los-espanoles-no-le-importaria-recibir-sus-pedidos-online-sin-embalaje-adicional>

Amazon (9 de octubre, 2024f). *How Amazon is improving packaging and boosting sustainability*. Recuperado el 3 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/how-amazon-is-reducing-packaging>

Amazon. (2023b). *Informe de Sostenibilidad 2023*. Recuperado de <https://sustainability.aboutamazon.com/2023-sustainability-report.pdf>

Amazon. (2018). *Informe de Sostenibilidad 2018*. Recuperado de <https://sustainability.aboutamazon.com/2018-sustainability-report-spanish.pdf>

Amazon (12 de abril, 2024e). *Más del 50% de los envíos de Amazon vienen sin empaquetar o en embalajes reducidos*. ES About Amazon. Recuperado el 13 de diciembre de 2024, de <https://www.aboutamazon.es/noticias/innovacion/mas-del-50-de-los-envios-de-amazon-vienen-sin-empaquetar-o-en-paquetes-reciclables>

Amazon. (14 de enero, 2019). *La logística en nuestros centros*. ES About Amazon. Recuperado el 23 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.es/noticias/amazon-en-la-comunidad/logistica/la-logistica-en-nuestros-centros>

Amazon (21 de junio, 2022). *Look back on 10 years of Amazon robotics*. Recuperado el 10 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.com/news/operations/10-years-of-amazon-robotics-how-robots-help-sort-packages-move-product-and-improve-safety>

Amazon (16 de abril, 2024g). *Sustainability at Amazon: AI helps reduce packaging*. Recuperado el 20 de diciembre de 2024, de <https://www.aboutamazon.com/news/sustainability/amazon-sustainability-ai-reduce-packaging>

Amazon. (2025). *What is Conversational AI?* Alexa Skills Kit official site. Amazon Alexa. Recuperado el 15 de enero de 2025, de <https://developer.amazon.com/en-US/alexa/alexa-skills-kit/conversational-ai>

Amazon Web Services. (2023). *AWS Economic Impact Study 2023*. Amazon. Recuperado de <https://assets.aboutamazon.com/58/65/29ea168a4839979aa779700ba42c/aws-us-eis-2023.pdf>

Amazon Web Services (2025b). *Datos, análisis e IA unificados*. Amazon Web Services, Inc. Recuperado el 19 de enero de 2025, de <https://aws.amazon.com/es/sagemaker/>

Amazon Web Services. (2021a). *ENGIE crea el Common Data Hub en AWS y acelera la transición emisión cero de carbono*. Recuperado el 2 de octubre de 2024, de <https://aws.amazon.com/es/solutions/case-studies/engie-aws-analytics-case-study/>

Amazon Web Services. (2021). *ENGIE optimiza el análisis de datos y mejora la previsión energética con AWS*. AWS. Recuperado el 2 de octubre de 2024, de <https://aws.amazon.com/es/solutions/case-studies/engie-aws-analytics-case-study/>

Amazon Web Services. (2025). *¿Qué es el 5G? Explicación de la tecnología 5G. AWS*. Amazon Web Services, Inc. Recuperado el 10 de enero de 2025, de <https://aws.amazon.com/es/what-is/5g>

Amazon Web Services. (2025a). *Productos de Windows en AWS*. Amazon. Recuperado el 3 de febrero de 2025, de <https://aws.amazon.com/es/windows/products/>

ATCO. (19 de abril, 2022). *ATCO Group and Microsoft announce long-term renewable energy power agreement*. Recuperado el 5 de febrero de 2025, de <https://www.atco.com/en-ca/about-us/news/2022/122951-atco-group-and-microsoft-announce-long-term-renewable-energy-pow.html>

Barrientos Sotelo, V. R., García Sánchez, J. R., & Silva Ortigoza, R. (2007). *Robots Móviles: Evolución y Estado del Arte*. *Polibits*, (35), 12-17. <https://www.redalyc.org/pdf/4026/402640448003.pdf>

BBC News Mundo. (25 de marzo, 2016). *Microsoft lanza a Tay, su inteligencia artificial adolescente, y en un día se convierte en un bot racista y xenófobo*. BBC News. Recuperado el 13 de febrero de 2025, de https://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/03/160325_tecnologia_microsoft_tay_bot_adolescente_inteligencia_artificial_racista_xenofoba_lb

Beatty, S. (31 de octubre, 2024). *Microsoft builds first datacenters with wood to slash carbon emissions*. Microsoft. Recuperado el 17 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/source/features/sustainability/microsoft-builds-first-datacenters-with-wood-to-slash-carbon-emissions/>

Binns, R. (2018). Fairness in machine learning: Lessons from political philosophy. *Proceedings of the 2018 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 149–159. Recuperado de <https://proceedings.mlr.press/v81/binns18a.html>

BloombergNEF. (22 de Agosto, 2024). *Clean electricity breaks new records, renewables on track for another strong year*. BloombergNEF. Recuperado el 12 de enero de 2025, de

<https://about.bnef.com/blog/clean-electricity-breaks-new-records-renewables-on-track-for-another-strong-year-bloombergnef/>

Bughin,J., Seong,J., Manyika,J., Hämäläinen,L., Windhagen,E and Hazan,E. (2019). Notes from the AI frontier. Tackling Europe´s gap in digital and AI. *McKinsey Global Institute*. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/artificial%20intelligence/tackling%20europes%20gap%20in%20digital%20and%20ai/mgi-tackling-europes-gap-in-digital-and-ai-feb-2019-vf.pdf>

Calviño, N. (2022). Digitalización y sostenibilidad. *Revista de Colegio de Economistas de Madrid. Economía, Energía y Sostenibilidad*, (176), 8-9. Recuperado de <https://economistasmalaga.com/wp-content/uploads/Economistas-Num-176-WEB.pdf>

Centro Regional de Información de las Naciones Unidas (UNRIC). (8 de noviembre, 2023). *El poder de la inteligencia artificial y sus desafíos en el marco de las Naciones Unidas*. Recuperado de <https://unric.org/es/el-debate-de-la-inteligencia-artificial-en-la-onu/>

Chen, C. (30 de junio, 2023). *Amazon Same-Day Delivery: How it works and other FAQs*. Recuperado el 11 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.com/news/amazon-prime/amazon-same-day-delivery>

Chen, C. (19 de enero, 2024). *Amazon recrea el garaje donde Jeff Bezos creó la empresa*. MX About Amazon. Recuperado el 14 de enero de 2025, de <https://www.aboutamazon.mx/noticias/noticias-de-la-compania/amazon-recrea-el-garaje-donde-jeff-bezos-creo-la-empresa>

CIO influence. (17 de mayo, 2024). *Top 10 AI Companies for Data Center and Edge*. Recuperado el 16 de enero de 2025, de <https://cioinfluence.com/it-and-devops/top-10-ai-companies-for-data-center-and-edge/#:~:text=In%20a%20recent%20survey%20by,manage%20facilities%20and%20handle%20workloads.>

Climate Impact Partners. (28 de noviembre, 2024). *Scope 1, 2, and 3 Emissions*. Recuperado el 4 de febrero de 2025, de <https://www.climateimpact.com/news-insights/insights/scope-1-2-3-emissions/#What%20are%20Scope%203%20emissions>

Comisión Europea, Dirección General de Redes de Comunicación, Contenido y Tecnologías. (2019). *Directrices éticas para una IA fiable*. Oficina de Publicaciones. Recuperado el 3 de octubre de 2024, de <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/d3988569-0434-11ea-8c1f-01aa75ed71a1/language-es>

Comisión Europea. (2024). Excelencia y confianza en la inteligencia artificial - Comisión Europea. *Comisión Europea EU*. Recuperado el 8 de octubre de 2024, de https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/excellence-and-trust-artificial-intelligence_es

Comisión Europea. (2020). *Libro Blanco sobre la inteligencia artificial- un enfoque europeo orientado a la excelencia y la confianza*. Recuperado el 22 de octubre de 2024, de <https://op.europa.eu/s/zZkZ>

Comisión Europea. (2025). Un enfoque europeo de la inteligencia artificial | Configurar el futuro digital de Europa. *Europa.eu*. Recuperado el 7 de enero de 2025, de <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/european-approach-artificial-intelligence>

Consejo Europeo. (30 de junio, 2023). Propuesta de marco normativo sobre inteligencia artificial | Configurar el futuro digital de Europa. *Consilium*. Recuperado el 15 de octubre de 2024, de <https://digital-strategy.ec.europa.eu/es/policies/regulatory-framework-ai>

Consejo Europeo. (2014). Reglamento de Inteligencia Artificial. Recuperado el 12 de octubre de 2024, de <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/artificial-intelligence/>

Copenhagen Centre on Energy Efficiency. (2020). *Centros de datos: Central de la digitalización y potencial de eficiencia energética*. UNEP DTU Partnership. Recuperado el 13 de enero de 2025, de <https://unepccc.org/wp-content/uploads/sites/3/2020/10/data-centres-digitalisation-powerhouse-and-energy-efficiency-potential-es.pdf>

- Corrales, R. (4 de junio, 2023). *Alternativas a Cortana en Windows tras su fin de soporte en 2023*. Business Insider España. Recuperado el 13 de febrero de 2025, de <https://www.businessinsider.es/tecnologia/alternativas-cortana-windows-fin-soporte-2023-1255410>
- Cuenca, A. (28 de junio, 2020). *El problema de Europa: la dependencia tecnológica de Estados y China*. El Orden Mundial. Recuperado el 18 de septiembre de 2024, de <https://elordenmundial.com/dependencia-tecnologica-union-europea/>
- Dahdah, R. (11 de marzo, 2024). *Microsoft hace realidad la promesa de la IA en el cuidado de la salud a través de nuevas colaboraciones con organizaciones y socios del sector*. Microsoft Blog. Recuperado el 14 de febrero de 2025, de <https://blogs.microsoft.com/blog/2024/03/11/microsoft-makes-the-promise-of-ai-in-healthcare-real-through-new-collaborations-with-healthcare-organizations-and-partners/>
- Delmas, M. A., & Burbano, V. C. (2011). The drivers of greenwashing. *California Management Review*, 54(1), 64–87. <https://doi.org/10.1525/cmr.2011.54.1.64>
- EDP. (10 de febrero, 2025). *EDP entrega tres nuevos proyectos solares para Microsoft en América del Norte*. Recuperado el 15 de febrero de 2025, de <https://www.edp.com/es/noticias/edp-entrega-tres-nuevos-proyectos-solares-para-microsoft-en-america-del-norte>
- EIB (2024). *EIB Investment Report 2023/2024: Transforming for competitiveness*. <https://doi.org/10.2867/29813>
- ENCORD. (2012). *Construction CO₂e Measurement Protocol: A guide to reporting against the Greenhouse Gas Protocol for construction companies*. European Network of Construction Companies for Research and Development. Recuperado de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/ENCORD-Construction-CO2-Measurement-Protocol-Lo-Res_FINAL_0.pdf
- ENGIE España. (s.f.). *PPA de energía: contratos de compraventa de energía renovable*. ENGIE. Recuperado el 15 de enero de 2025, de

<https://www.engie.es/actividades/soluciones/global-energy-management-sales-2/ppa-energia/>

Environmental Protection Agency (EPA). (2024). *The 2024 EPA Automotive Trends Report: Greenhouse Gas Emissions, Fuel Economy, and Technology since 1975* (EPA-420-R-24-022). U.S. Environmental Protection Agency. Recuperado de <https://www.epa.gov/automotive-trends>

European Commission. (2025). *Corporate sustainability reporting*. Recuperado el 12 de enero de 2025, de https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en

European Commission. (2022). *Digital Economy and Society Index (DESI)*. (Digital Intensity Index 4.1). Recuperado el 12 de diciembre de 2024, de <https://ec.europa.eu/newsroom/dac/redirection/document/88764>

European Commission. (2024). *Energy consumption in data centres and broadband communication networks in the EU*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/706491>

European Energy. (12 de junio, 2024). *European Energy enter PPAs with Microsoft*. Recuperado el 26 de enero de 2025, de <https://europeanenergy.com/2024/06/12/european-energy-enter-ppas-with-microsoft/>

European Union. (2025). *Protocolo de Kioto*. Eur.Lex. Recuperado el 19 de enero de 2025, de <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/glossary/kyoto-protocol.html>

Eurostat. (2024). Digital economy and society statistics - enterprises - Statistics Explained. *Europa.eu* Recuperado el 5 noviembre de 2024, de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Digital_economy_and_society_statistics_-_enterprises#Highlights

Eurostat. (2024a). GERD by sector of performance. *Europa.eu*. Recuperado el 14 noviembre de 2024, de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/rd_e_gerdtot__custom_13909825/default/table?lang=en

Fernández Humada, R. (21 de junio, 2024). *Lo que le piden los consumidores a la IA generativa*. Ideas PwC. Recuperado el 15 de noviembre de 2024, de <https://ideas.pwc.es/archivos/20240621/lo-que-le-piden-los-consumidores-a-la-ia-generativa/>

Fernández, Y. (29 de agosto, 2022). *¿Qué es Game Pass y qué ventajas ofrece la suscripción de Microsoft?* Xataka. Recuperado el 2 de febrero de 2025, de <https://www.xataka.com/basics/que-game-pass-que-ventajas-ofrece-suscripcion-microsoft>

Gholami, S., Knippenberg, E., Campbell, J., Andriantsimba, D., Kamle, A., Parthasarathy, P., Sankar, R., Birge, C., & Lavista Ferres, J. (2022). *Food security analysis and forecasting: A machine learning case study in southern Malawi*. *Data & Policy*, 4, e33. <https://doi.org/10.1017/dap.2022.25>

Gholami, S., Kodandapani, N., Wang, J., & Lavista Ferres, J. (2021). Where there's Smoke, there's Fire: Wildfire Risk Predictive Modeling via Historical Climate Data. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 35(17), 15309-15315. <https://doi.org/10.1609/aaai.v35i17.17797>

Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR). (13 de septiembre, 2020). *India Wildfire Hazard Report*. ThinkHazard. Recuperado de <https://thinkhazard.org/es/report/115-india/WF>

Global Forest Watch. (2025). *India - Forest and Fire Dashboard*. Recuperado el 3 de febrero de 2025, de <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/IND/?category=fires>

Greenhouse Gas Protocol. (2013). *Technical guidance for calculating scope 3 emissions (version 1.0)*. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development.

Recuperado de
https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope3_Calculation_Guidance_0.pdf

Greenpeace México. (26 de diciembre, 2020). *Huella de carbono: aprende a calcular tu impacto ambiental* - Greenpeace México. Recuperado el 8 de febrero de 2025, de <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9386/huella-de-carbono/#:~:text=La%20huella%20de%20carbono%20se,del%20resto%20de%20los%20elementos>.

Gobierno de España. (19 de abril, 2023). Qué es la Inteligencia Artificial. *Plan de Recuperación*. Recuperado el 3 de septiembre de 2024, de <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/que-es-inteligencia-artificial-ia-prtr>

Gonzalez, G. (3 de julio, 2024). El auge de la IA: una mirada al pasado y presente de la tecnología. *Telefonica*. Recuperado el 12 de octubre de 2024, de <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/auge-ia-mirada-al-pasado-presente-tecnologia/>

Green Software Foundation. (2025). *The green software foundation manifesto*. Green Software Foundation. Recuperado el 20 de febrero de 2025, de <https://greensoftware.foundation/manifesto>

Hernández, M. (31 de octubre, 2023). Qué es la inteligencia artificial generativa. *Telefónica*. Recuperado el 7 de enero de 2025, de <https://www.telefonica.com/es/sala-comunicacion/blog/inteligencia-artificial-generativa/>

Hollis, B. (20 de septiembre, 2024). *Accelerating the addition of carbon-free energy: An update on progress*. Microsoft. Recuperado el 2 de febrero de 2025, de <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-cloud/blog/2024/09/20/accelerating-the-addition-of-carbon-free-energy-an-update-on-progress/?mscm=1>

Iberdrola. (22 de abril, 2021). *¿Qué es la huella de carbono y por qué es tan importante reducirla para combatir el cambio climático?* Iberdrola. Recuperado el 24 de enero de 2025, de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/huella-de-carbono>

Innovation Center for U.S. Dairy. (2019). *Scope 1 & 2 GHG Inventory Guidance: Use to prepare a GHG inventory and quantify emissions.* Recuperado de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Guidance_Handbook_2019_FINAL.pdf

Intergovernmental panel on climate change. (2023). *Climate Change 2023. Synthesis Report.* Recuperado de https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

International Energy Agency. (2024). *World Energy Outlook 2024.* IEA. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>

IRENA (2025), Renewable energy benefits: Leveraging local capacity for concentrated solar power, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. Recuperado el 19 de enero de 2025, de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2025/Jan/IRENA_Renewable_energy_benefits_leveraging_capacity_CSP_2025.pdf

Khanal, S., Zhang, H., & Taeihagh, A. (2024). Why and how is the power of Big Tech increasing in the policy process? The case of generative AI. *Policy And Society.* <https://doi.org/10.1093/polsoc/puae012>

Kharpal, A. (15 de mayo, 2023). *Amazon is focusing on using A.I. to get stuff delivered to you faster.* CNBC. Recuperado el 3 de enero de 2025, de <https://www.cnbc.com/2023/05/15/amazon-is-focusing-on-using-ai-to-get-stuff-delivered-to-you-faster.html>

Kim, R., Bijral, A. S., Xue, Y., Zhang, X., Blossom, J. C., Swaminathan, A., King, G., Kumar, A., Sarwal, R., Lavista Ferres, J. M., & Subramanian, S. V. (2021). *Precision mapping child undernutrition for nearly 600,000 inhabited census villages in India. Proceedings*

of the National Academy of Sciences, 118(18), e2025865118.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2025865118>

Krantz, T., & Jonker, A. (2023). *¿Qué es la sostenibilidad?* IBM. Recuperado el 27 de diciembre de 2024, de <https://www.ibm.com/mx-es/topics/sustainability>

La alianza entre Inteligencia Artificial y desarrollo sostenible. (2017). *Acciona sostenibilidad*. Recuperado el 15 octubre de 2024, de <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/la-alianza-entre-inteligencia-artificial-y-desarrollo-sostenible/>

Linera, M. Á. P., & Meuwese, A. (2024). La regulación de la inteligencia artificial en Europa. *Teoría y Realidad Constitucional*, (54), 131-161.
<https://doi.org/10.5944/trc.54.2024.43310>

Manning, J y Ingram, S. (2 de noviembre, 2021). 26 datos para entender la realidad del cambio climático. *National Geographic*. Recuperado el 9 de octubre de 2024, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2021/10/datos-para-entender-la-realidad-del-cambio-climatico>

Martínez, J., & Pino, F. J. (2015). Definición de un Modelo de Calidad de Servicios Soportado por Tecnologías de la Información (TI). *Publicaciones e Investigación*, 10, 49-67. Recuperado de <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/1587/1934>

Masterson, V. (23 de febrero, 2024). *9 formas en que la IA ayuda a combatir el cambio climático*. Foro Económico Mundial. Recuperado el 4 de octubre de 2024, de <https://es.weforum.org/stories/2024/02/9-formas-en-que-la-ia-ayuda-a-combatir-el-cambio-climatico/>

Mateus, M. A. (2024). La dualidad de la inteligencia artificial en la sostenibilidad de las cadenas de suministro: una revisión narrativa. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-21. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-552>

- McGrath, A., & Jonker, A. (10 de junio, 2024). *What are Scope 1, 2 and 3 emissions?* IBM. Recuperado el 6 de febrero de 2025, de <https://www.ibm.com/think/topics/scope-1-2-3-emissions>
- McKinsey Global Institute. (2022). *Securing Europe's competitiveness: Addressing its technology gap*. Recuperado el 26 de octubre de 2024, de <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/securing-europes-competitiveness-addressing-its-technology-gap#/>
- Microsoft. (2025b). *Acquisition history*. Microsoft Investor Relations. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de <https://www.microsoft.com/en-us/investor/acquisition-history>
- Microsoft. (2021b). *Accenture, GitHub, Microsoft y ThoughtWorks lanzan Green Software Foundation con Linux Foundation para poner la sustentabilidad en el centro de la ingeniería de software*. Microsoft News. Recuperado el 2 de enero de 2025, de <https://news.microsoft.com/es-xl/accenture-github-microsoft-y-thoughtworks-lanzan-green-software-foundation-con-linux-foundation-para-poner-la-sustentabilidad-en-el-centro-de-la-ingenieria-de-software/>
- Microsoft. (12 de diciembre, 2017). *AI for Earth puede cambiar por completo nuestro planeta*. Microsoft News. Recuperado el 11 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/es-es/2017/12/12/ai-earth-puede-cambiar-por-completo-nuestro-planeta/>
- Microsoft. (14 de diciembre, 2021). *Axpo utiliza Azure Maps para integrar la energía renovable en la red eléctrica europea*. Microsoft. Recuperado el 1 de febrero de 2025, de <https://www.microsoft.com/en/customers/story/1445148861473986254-axpo-azuremaps>
- Microsoft. (s.f.). *Energy and sustainability*. Microsoft. Recuperado el 4 de febrero de 2025, de <https://www.microsoft.com/en-us/sustainability/energy>
- Microsoft. (2023). *Informe anual 2023*. Microsoft Investor Relations. Recuperado de <https://www.microsoft.com/investor/reports/ar23/index.html>

Microsoft. (18 de enero, 2022). *Novedades sobre Microsoft y Activision Blizzard*. Microsoft News Center España. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/es-es/2022/01/18/novedades-sobre-microsoft-y-activision-blizzard/>

Microsoft. (16 de enero, 2024). *Toda la potencia de Copilot, al alcance de más personas y empresas*. Microsoft News. Recuperado el 14 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/es-es/2024/01/16/toda-la-potencia-de-copilot-al-alcance-de-mas-personas-y-empresas/>

Microsoft. (2 de noviembre, 2021a). *Vestas optimiza la energía eólica con simulaciones en Azure HPC*. Microsoft. Recuperado el 1 de febrero de 2025, de <https://www.microsoft.com/en/customers/story/1430379358742351454-vestas-energy-azure-hpc>

Microsoft. (25 de enero, 2024a). *Desbloquear las capacidades de agentes autónomos con Microsoft Copilot Studio*. Microsoft News. Recuperado el 14 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/source/latam/noticias-de-microsoft/desbloquear-las-capacidades-de-agentes-autonomos-con-microsoft-copilot-studio/>

Microsoft. (2024b). *2024 Environmental Sustainability Report*. Microsoft Corporation. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de <https://aka.ms/SustainabilityFactsheet2024>

Microsoft. (2024c). *2023 Annual Report*. Microsoft Corporation. Recuperado el 13 de febrero de 2025, de <https://www.microsoft.com/investor/reports/ar23/index.html>

Microsoft. (7 de febrero, 2025a). *¿Qué son los servicios de inteligencia artificial (IA)?* Microsoft Learn. Recuperado el 14 de febrero de 2025, de <https://learn.microsoft.com/es-es/azure/ai-services/what-are-ai-services/>

Microsoft. (17 de febrero, 2023c). *Microsoft's approach to AI*. Microsoft News. Recuperado el 14 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/source/features/ai/microsoft-approach-to-ai/>

Microsoft. (24 de septiembre, 2019). *Microsoft and ENGIE announce innovative renewable initiatives*. Recuperado el 13 de enero de 2025, de <https://news.microsoft.com/2019/09/24/microsoft-and-engie-announce-innovative-renewable-initiatives/>

Microsoft. (2025c). *Microsoft Climate Research Initiative*. Microsoft Research. Recuperado el 20 de febrero de 2025, de <https://www.microsoft.com/en-us/research/collaboration/microsoft-climate-research-initiative/>

Microsoft. (27 de enero, 2023). *Microsoft y Qcells anuncian una alianza estratégica para reducir las emisiones de carbono y potenciar la economía de energía limpia*. Recuperado el 7 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/es-xl/microsoft-y-qcells-anuncian-una-alianza-estrategica-para-reducir-las-emisiones-de-carbono-y-potenciar-la-economia-de-energia-limpia/>

Microsoft. (2025). *Seeds India: Empowering farmers with AI and data-driven agriculture*. Microsoft Unlocked. Recuperado el 4 de enero de 2025, de <https://unlocked.microsoft.com/seeds-india/>

Microsoft. (2 de abril, 2024d). *Sustainable by design: Advancing the sustainability of AI*. Microsoft Blogs. Recuperado el 21 de diciembre de 2024, de <https://blogs.microsoft.com/blog/2024/04/02/sustainable-by-design-advancing-the-sustainability-of-ai/>

Microsoft. (20 de junio, 2023b). *WaterAid uses Microsoft Cloud for Nonprofit to reach the most vulnerable communities with clean water*. Microsoft. Recuperado el 4 de febrero de 2025, de <https://www.microsoft.com/en/customers/story/1645101235152150946-wateraid-microsoftcloudfornonprofit-unitedkingdom>

Microsoft Research. (6 de octubre, 2022). *FarmVibes.AI: Using AI to help farmers adapt to climate change*. Microsoft. Recuperado el 14 de febrero de 2025, de <https://www.microsoft.com/en-us/research/articles/farmvibes-ai/>

- Ministerio del Medio Ambiente. (2024). *Huella de carbono*. Recuperado el 28 de diciembre de 2024, de <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/>
- Mobile WorldCapital Barcelona. (2024). *Digital Talent Overview 2024*. Recuperado de https://www.barcelona.cat/internationalwelcome/sites/default/files/Digital_Talent_Overview_2024_CAS.pdf
- Moninger, J. (2020). *How AI is helping to fight child malnutrition in India*. Microsoft News. Recuperado el 1 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/en-in/features/child-growth-monitor-malnutrition-india-microsoft-ai/>
- Moreno, M. Á. (24 de junio, 2021). *Amazon anuncia 14 proyectos de energía renovable para cubrir el 100% de su actividad con ella en 2025: España es uno de los países en los que el gigante del comercio electrónico busca energía limpia*. Business Insider España. Recuperado el 16 de enero de 2025, de <https://www.businessinsider.es/amazon-aspirar-ser-100-renovable-2025-energia-solar-espanola-888327>
- Mucci,T & Stryker,C. (18 de diciembre, 2023). *¿Qué es la superinteligencia artificial?* IBM. Recuperado el 13 de octubre de 2024, de <https://www.ibm.com/es-es/topics/artificial-superintelligence>
- Mucientes, E. (13 de julio, 2023). El grave efecto del fin de las cuentas compartidas: Prime Video supera a Netflix y por primera vez es la. *ELMUNDO*. Recuperado el 19 de enero de 2025, de <https://www.elmundo.es/television/2023/07/13/64afb91de85ece9b628b4584.html>
- Multidimensional Poverty Peer Network (MPPN). (2021). *Malawi Multidimensional Poverty Index Report*. Recuperado de <https://www.mppn.org/es/malawi-multidimensional-poverty-index-report/>
- Naciones Unidas (2025a). *Energías renovables: energías para un futuro más seguro* | Naciones Unidas. Recuperado el 23 de enero de 2025, de <https://www.un.org/es/climatechange/raising-ambition/renewable-energy>

Naciones Unidas. (2024). *Informe de los progresos realizados para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2024/secretary-general-sdg-report-2024--ES.pdf>

Naciones Unidas. (2025). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado el 7 de enero de 2025, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Nakagawa, M. (30 de mayo, 2024). *Accelerating AI opportunity and climate solutions in Africa*. Microsoft On the Issues. Recuperado el 17 de febrero de 2025, de <https://blogs.microsoft.com/on-the-issues/2024/05/30/africa-climate-sustainability-ai-solutions/>

Nakagawa, M. (2 de abril, 2024a). *Sustainable by design: Advancing the sustainability of AI*. Microsoft. Recuperado el 18 de febrero de 2025, de <https://blogs.microsoft.com/blog/2024/04/02/sustainable-by-design-advancing-the-sustainability-of-ai/>

Ørsted. (10 de Agosto, 2021). *Ørsted signs agreement with Microsoft to supply renewable energy*. Recuperado el 2 de enero de 2025, de <https://orsted.com/en/media/news/2021/08/522705557121341>

Pacto Mundial Red España. (2 de febrero, 2024). *CSRD: últimas claves de los informes de sostenibilidad del futuro*. Pacto Mundial. Recuperado el 27 de diciembre de 2024, de <https://www.pactomundial.org/noticia/csrd-ultimas-claves-de-los-informes-de-sostenibilidad-del-futuro/>

Pernas, E. (2022). Inteligencia artificial y los objetivos de desarrollo sostenible: cooperación necesaria. *Revista de derecho UNED*, (22), 495-520. <https://doi.org/10.5944/rduned.29.2022.34297>

Powerex. (2023). *Powerex announces agreement with Microsoft for 24x7 carbon-free energy*. Recuperado el 4 de febrero de 2025, de <https://powerex.com/sites/default/files/2023-06/Powerex%20Announces%20Agreement%20with%20Microsoft%20for%2024x7%20Carbon-Free%20Energy.pdf>

Pradilla, M. (2014). Alan Turing, su obra y sus efectos sobre la calculabilidad. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, 1(2), 93-122.

Prego, C. (20 de julio, 2021). *¿Qué fue de Clippy, el célebre asistente de Microsoft que terminó defenestrado para volver 20 años después?* Xataka. Recuperado el 13 de febrero de 2025, de <https://www.xataka.com/historia-tecnologica/que-fue-clippy-celebre-asistente-microsoft-que-termino-defenestrado-para-volver-20-anos-despues>

Prieto, R., Herrera, A., Pérez, L. y Padrón, A. (2000). El modelo neuronal de Mcculloch y Pitts. Interpretación Comparativa del Modelo. XV Congreso Nacional De Instrumentación, Méjico. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Padron-Godinez/publication/343141076_EL_MODELO_NEURONAL_DE_McCULLOCH_Y_PITTS_Interpretacion_Comparativa_del_Modelo/links/5f18c12145851515ef419d11/E_L-MODELO-NEURONAL-DE-McCULLOCH-Y-PITTS-Interpretacion-Comparativa-del-Modelo.pdf

Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo. (2024). *Los ODS en acción*. Recuperado el 4 de octubre de 2024, de <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>

Ravagni, A., Madsen, H., & Summers, J. (2024). *What it takes to master the Twin Transition: Transition to AI and the Transition to Net-Zero*. Net Zero Innovation Hub for Data Centers. Recuperado el 20 de diciembre de 2024, de <https://www.netzerodatacenters.com/>

Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.7 en línea]. Recuperado el 14 de octubre de 2024, de <https://dle.rae.es>

Repsol. (2023) *Empresas unicornio*. Repsol. Recuperado el 1 de octubre de 2024, de <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/personas/empresas-unicornio/index.cshtml>

Repsol. (11 de junio, 2024). *Repsol signs long-term renewable power purchase agreement with Microsoft*. Recuperado el 1 de febrero de 2025, de <https://www.repsol.com/en/press->

room/press-releases/2024/repsof-signs-long-term-renewable-power-purchase-agreement-with-microsoft/index.cshtml

Robinson, C., Gupta, R., Fobi Nsutezo, S., Pound, E., Ortiz, A., Rosa, M., White, K., Dodhia, R., Zolli, A., Birge, C., & Lavista Ferres, J. (2023). *Turkey earthquake report 2*. Microsoft Research. Recuperado de https://www.microsoft.com/en-us/research/uploads/prod/2023/02/Turkey-Earthquake-Report-2_MS.pdf

Sadin, É. (2019). La inteligencia artificial. *Revista Nueva Sociedad*, (279), 141-148. Recuperado de https://static.nuso.org/media/articles/downloads/10.TC_Sadin_279.pdf

Sánchez Martín FM., Jiménez Schlegel P., Millán Rodríguez F., Salvador-Bayarri J., Monllau Font V., Palou Redorta J. y Villavicencio Mavrich H. (2007). Historia de la robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci. (Parte II). *Actas Urológicas Españolas*, 31(3), 185-196. <https://scielo.isciii.es/pdf/aue/v31n3/v31n3a02.pdf>

Saynes Santillán, V., Etchevers Barra, J. D., Paz Pellat, F., & Alvarado Cárdenas, L. O. (2016). *Cambio climático y agricultura: análisis de sus interacciones en el contexto de México*. Terra Latinoamericana, 34(1), 83-103. Recuperado de <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n1/2395-8030-tl-34-01-00083.pdf>

SEEDS. (2025). *Our Story*. SEEDS India. Recuperado el 11 de febrero de 2025, de <https://www.seedsindia.org/our-story/>

Sendy, A. (23 de marzo, 2023). *¿Cuántos kilovatios hay en un megavatio?*. SolarReviews. Recuperado el 18 de febrero de 2025, de <https://www.solarreviews.com/es/blog/megavatio-a-kilovatio>

Siegel, J. (6 de octubre, 2022). *Microsoft open-sources its Farm of the Future toolkit*. Microsoft. Recuperado el 3 de enero de 2025, de <https://news.microsoft.com/source/features/ai/microsoft-open-sources-its-farm-of-the-future-toolkit/>

Smith, E. (6 de septiembre, 2023). *Protecting the Amazon rainforest with AI and acoustic monitoring*. Microsoft News. Recuperado el 16 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/source/latam/features/ai/amazon-ai-rainforest-deforestation/?lang=en>

Standard Solar. (13 de diciembre, 2022). *Microsoft, Nike and Common Energy partner to energize Standard Solar community solar project in Oregon*. Recuperado el 3 de febrero de 2025, de <https://standardsolar.com/news/microsoft-nike-and-common-energy-partner-to-energize-standard-solar-community-solar-project-in-oregon/>

Statista. (2024a). *Microsoft - Datos y estadísticas*. Statista. Recuperado el 12 de febrero de 2025, de <https://es.statista.com/temas/5565/microsoft/#editorsPicks>

Statista. (14 de marzo, 2024). *Suscriptores de los principales servicios de streaming de vídeo del mundo en 2023*. Recuperado el 8 de enero de 2025, de <https://es.statista.com/estadisticas/1287910/suscriptores-de-los-principales-servicios-de-streaming-de-video-del-mundo/>

Statkraft. (23 de noviembre, 2022). *Microsoft and Statkraft sign 366MW renewable energy deal*. Recuperado el 29 de enero de 2025, de <https://www.statkraft.ie/news/2022/microsoft-and-statkraft-sign-366mw-renewable-energy-deal/>

Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). *Energy and policy considerations for deep learning in NLP*. In *Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 3645–3650). Association for Computational Linguistics. Recuperado de <https://aclanthology.org/P19-1355.pdf>

Spencer, T., & Singh, S. (18 de octubre, 2024). *What the data centre and AI boom could mean for the energy sector*. IEA. Recuperado el 13 de enero de 2025, de <https://www.iea.org/commentaries/what-the-data-centre-and-ai-boom-could-mean-for-the-energy-sector>

Taylor, A. (13 de noviembre, 2024). *Cómo se transforman las empresas del mundo real con la IA*. Microsoft News. Recuperado el 3 de enero de 2025, de

<https://news.microsoft.com/source/latam/noticias-de-microsoft/como-se-transforman-las-empresas-del-mundo-real-con-la-ia/>

United Nations. (2024). *The Sustainable Development Goals Report 2024*. Recuperado el 12 de noviembre de 2024, de <https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf>

U.S. Department of Energy. (2023). *Electric vehicle basics* (DOE/GO-102023-6050). Alternative Fuels Data Center. Recuperado el 14 de enero de 2025, de <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric.html>

Vicente-Yagüe-Jara, M. I., López-Martínez, O., Navarro-Navarro, V., y Cuéllar-Santiago, F. (2023). Escritura, creatividad e inteligencia artificial. ChatGPT en el contexto universitario. *Revista Científica de Comunicación y Educación. Comunicar*, 31(77). <https://doi.org/10.3916/c77-2023-04>

Von Kalckreuth, U. (2022). *Pulling ourselves up by our bootstraps: The greenhouse gas value of products, enterprises and industries* (Discussion Paper No. 23/2022). Deutsche Bundesbank. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4201913>

Welsch, C. (2024). *Assisted by AI, a workforce of bees tracks pollution and boosts biodiversity*. Microsoft News. Recuperado el 17 de febrero de 2025, de <https://news.microsoft.com/source/emea/features/assisted-by-ai-a-workforce-of-bees-tracks-pollution-and-boosts-biodiversity/>

Wisner Glusko, D. C. (2022). *Inteligencia artificial sostenible: Entre la sostenibilidad digital y los entornos digitales sostenibles*. *Studies in Law: Research Papers* 2022 (1), 1-30. <https://doi.org/10.48269/2451-0807-sp-2022-1-009>

World Bank (2024). *Digital Progress and Trends Report 2023*. Recuperado de <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/95fe55e9-f110-4ba8-933f-e65572e05395/content>

World Resources Institute. (WRI) (18 de julio, 2024). *Greenhouse gas protocol*. World Resources Institute. Recuperado el 22 de enero de 2025, de <https://www.wri.org/initiatives/greenhouse-gas-protocol>

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (WRI & WBCSD) (2004). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero: Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*. Recuperado de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (WRI & WBCSD) (2011). *Corporate value chain (scope 3) accounting and reporting standard*. GHG Protocol. Recuperado de https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (WRI & WBCSD) (2015). *GHG protocol scope 2 guidance: An amendment to the GHG protocol corporate standard*. GHG Protocol. Recuperado de <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope%20%20Guidance.pdf>

Young, T. L., & Nunes, F. (2024). *SeloVerde uses geospatial big data and AI/ML to monitor deforestation in supply chains, powered by AWS*. Amazon Web Services. Recuperado el 17 de febrero de 2025, de <https://aws.amazon.com/es/blogs/publicsector/seloverde-uses-geospatial-big-data-and-ai-ml-to-monitor-deforestation-in-supply-chains-powered-by-aws/>

8. ANEXOS

ANEXO I : Preguntas encuesta

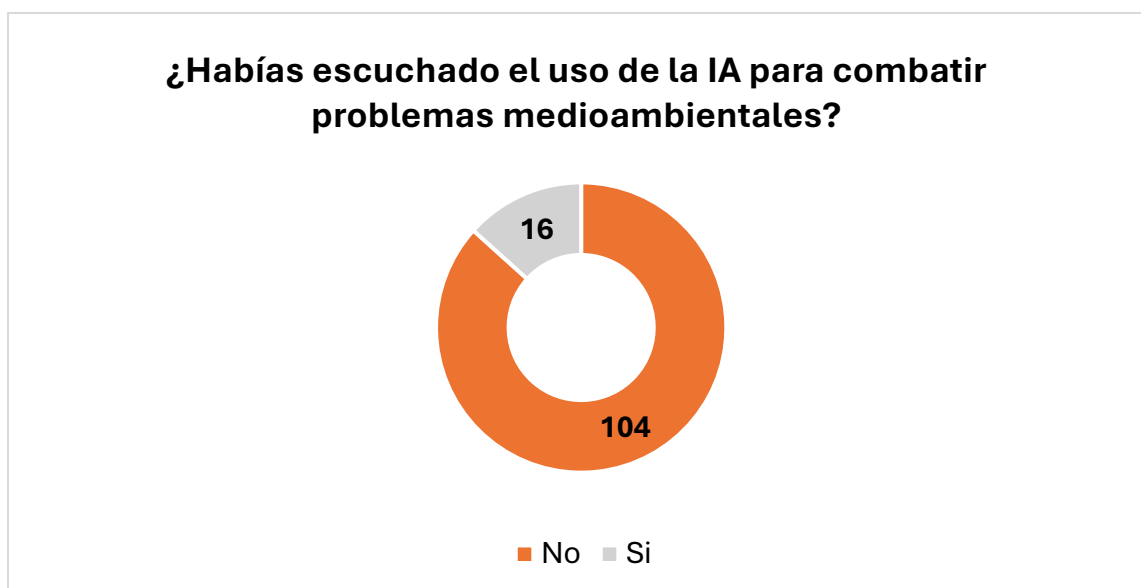
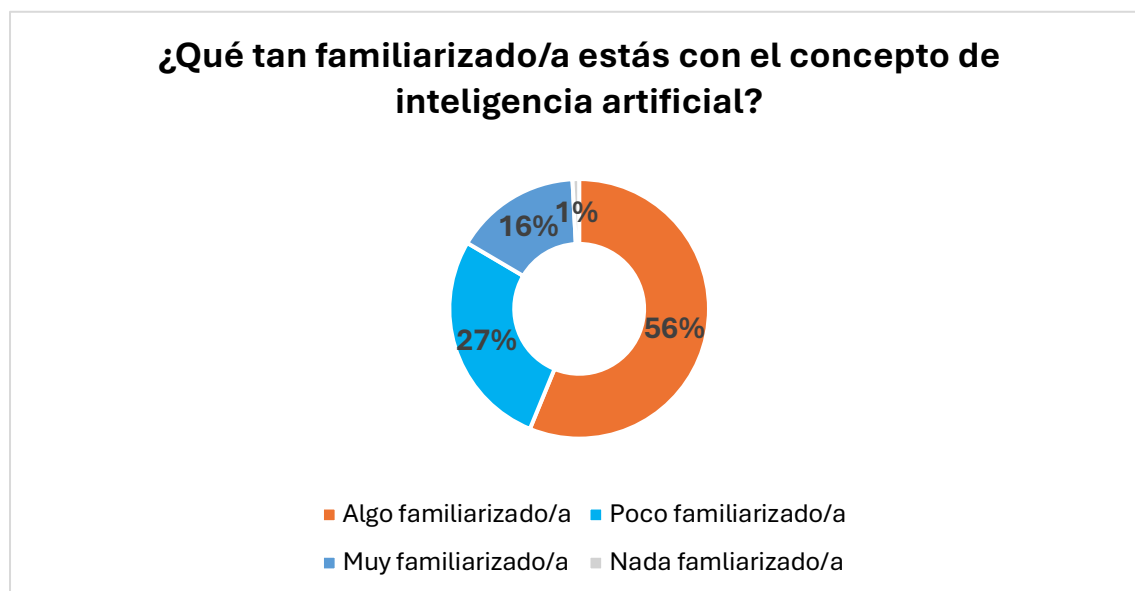
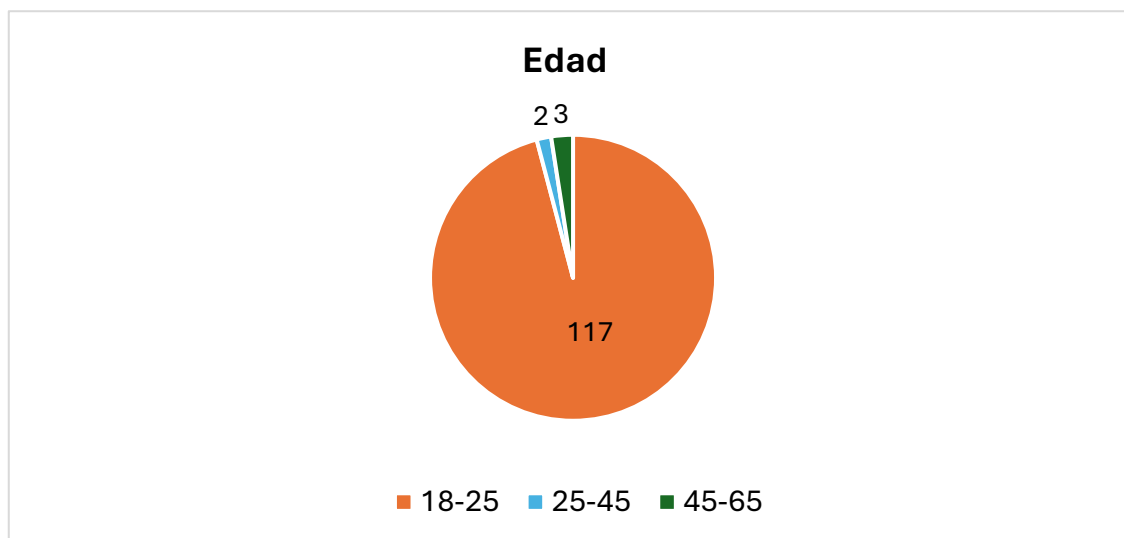
Los problemas medioambientales son consecuencia de las acciones humanas, lo que convierte a las personas en agentes clave para el cambio. Esta encuesta busca evaluar el conocimiento actual sobre el papel de la inteligencia artificial (IA) en la sostenibilidad ambiental y su nivel de confianza entre los ciudadanos. Un mayor conocimiento sobre la IA aumentaría su adopción y eficacia en soluciones alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, fortalecer la educación en IA es fundamental para empoderar a la sociedad en la lucha contra el cambio climático. La recopilación de estos datos permitirá medir la aceptación de la IA en el ámbito medioambiental e identificar áreas de mejora, como campañas educativas, marcos éticos y estrategias de comunicación. En última instancia, esta análisis ayudará a integrar la IA y la participación ciudadana para lograr resultados efectivos.

ENCUESTA:

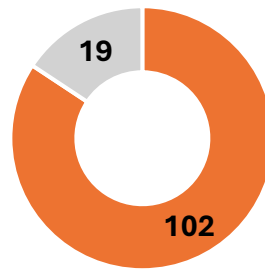
- 1. ¿Qué tan familiarizado/a estás con el concepto de “inteligencia artificial”**
 - Muy familiarizado/a
 - Algo familiarizado/a
 - Poco familiarizado/a
 - Nada familiarizado/a
- 2. Conocimiento previo: ¿Habías escuchado sobre el uso de la IA para combatir problemas medioambientales?**
 - SI
 - NO
- 3. ¿Conoces alguna iniciativa medioambiental con el uso de la IA liderada por empresas como Amazon y Microsoft?**
 - SI
 - NO
 - ¿Si has respondido si, cual?
- 3.1 ¿Sabes si la implementación de estas está siendo efectiva?**
- 3.2 Si consideras que no son efectivas, ¿Cuáles son las razones principales?**
- 4. ¿Has recibido alguna capacitación o formación sobre inteligencia artificial y/o sostenibilidad ambiental?**
 - SI
 - NO

- 5. ¿Qué áreas medioambientales crees que deberían priorizarse en el uso de la IA?**
- Reducción de emisiones de carbono
 - Protección de la biodiversidad
 - Gestión de residuos
 - Monitoreo de desastres naturales
 - Optimización del consumo de agua y recursos naturales
 - Otros (especificar)
- 6. ¿Qué preocupaciones tienes respecto al uso de la IA en temas medioambientales?**
- Pérdida de empleos
 - Falta de transparencia en las decisiones
 - Dependencia tecnológica
 - Impacto ambiental de la infraestructura de la IA (ej: consumo energético de los centros de datos)
 - Posibles sesgos en los algoritmos
 - Falta de regulación o control adecuado
 - Otro
- 7. ¿Crees que la IA tendrá un impacto significativo en la sostenibilidad ambiental en los próximos 10 años?**
- Muy probable
 - Algo probable
 - Neutral
 - Poco probable
 - Nada probable
- 8. ¿Qué nivel de confianza tienes en que la IA pueda ofrecer soluciones efectivas a los problemas medioambientales?**
- Muy confiado
 - Algo confiado/a
 - Neutral
 - Poco confiado/a
 - Nada confiado/a
- 9. ¿Te gustaría recibir más información sobre iniciativas que utilicen IA para el medioambiente?**
- SI
 - NO
- 10. ¿Tienes algún comentario o sugerencia sobre cómo debería usarse la IA para abordar problemas medioambientales?**

ANEXO II: Gráficos de elaboración propia a partir de los resultados de la encuesta

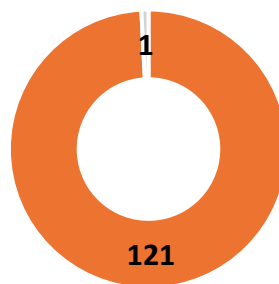


¿Has recibido alguna capacitación/formación sobre inteligencia artificial y/o sostenibilidad ambiental?



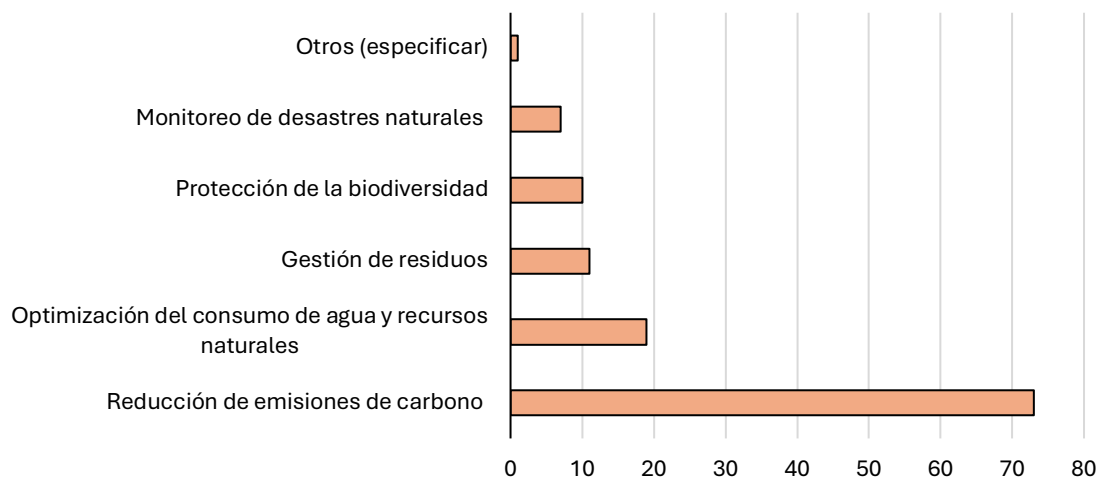
■ No ■ Si

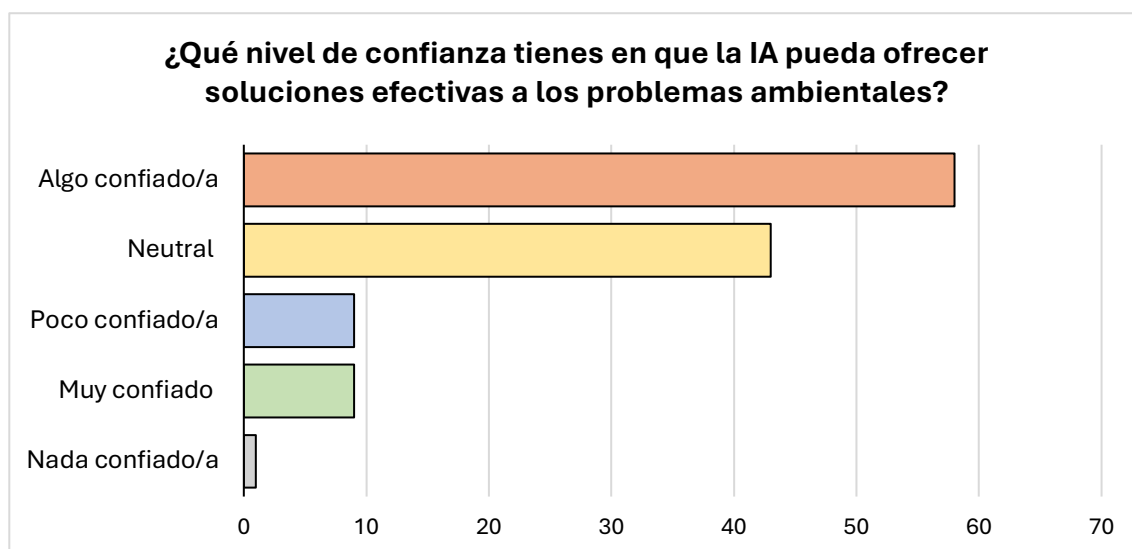
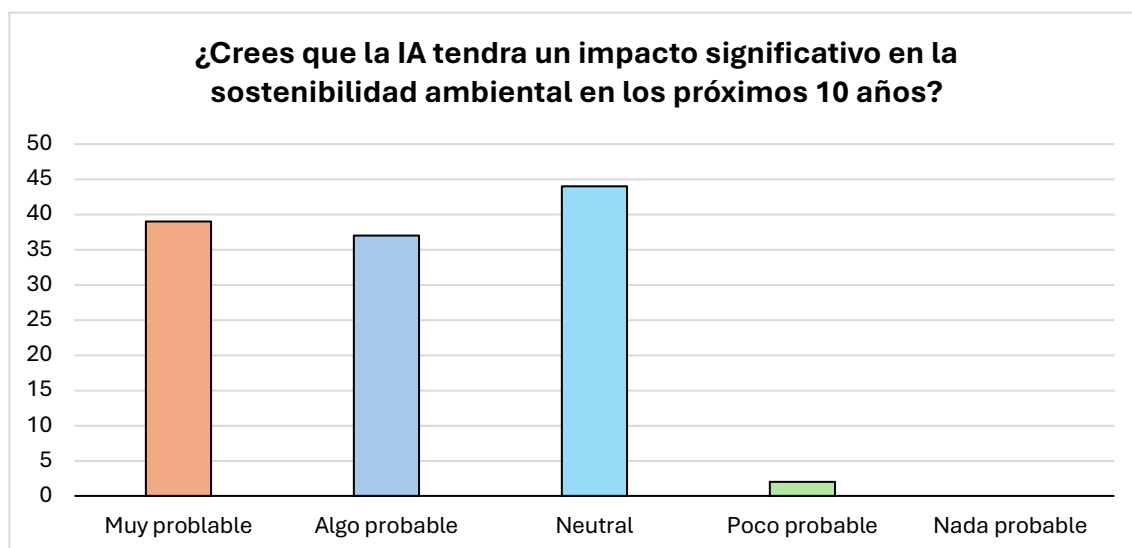
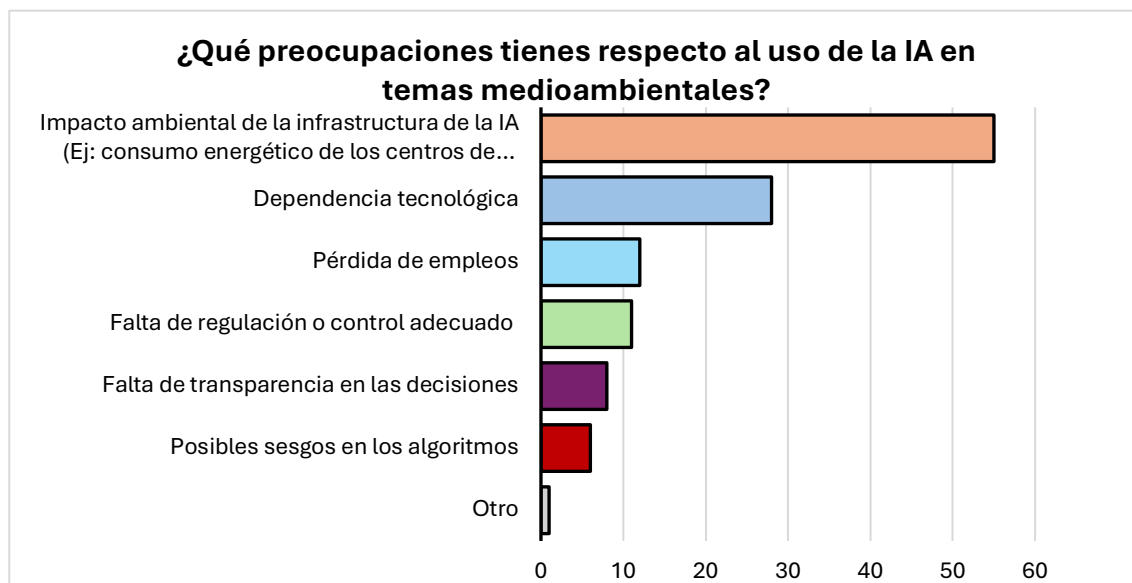
¿Conoces alguna iniciativa medioambiental sobre el uso de la IA liderada por empresas como Amazon o Microsoft?



■ No ■ Si

¿Qué áreas medioambientales crees que deberían priorizarse en el uso de la IA?





¿Te gustaría recibir más información sobre iniciativas que utilicen IA para el medioambiente?

