

EDUCACIÓN Y HUMANIDADES COMO EJES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

**Juan Francisco Álvarez-Herrero
Jordi Antolí Marínez
Pompillo Cusano**

DYKINSON EBOOK

Educación y Humanidades como ejes de investigación e innovación

**Juan Francisco Álvarez-Herrero
Jordi Antolí Martínez &
Pompilio Cusano**

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a Cedro (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con Cedro a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 917021970/932720407

Este libro ha sido sometido a evaluación por parte de nuestro Consejo Editorial

Para mayor información, véase www.dykinson.com/quienes_somos

@ Los autores
Madrid, 2025

Editorial DYKINSON, S.L.
Meléndez Valdés, 61 - 28015 Madrid
Teléfono (+34) 915442846 - (+34) 915442869
e-mail: info@dykinson.com
<http://www.dykinson.es>
<http://www.dykinson.com>

ISBN: 979-13-7006-291-0

DOI: <https://doi.org/10.14679/4084>

Presentación.....	9
Estudio de las percepciones sobre arte contemporáneo feminista en la exposición Mulier, mulieris del Museo de la Universidad de Alicante.....	11
<i>Sofía Ángela Albero Verdú</i>	
Pensamiento histórico y formación docente: Un análisis de narrativas sobre el estallido social en tres universidades chilenas	21
<i>Humberto Álvarez Sepúlveda</i>	
Análisis de posiciones continuistas y rupturistas en el cine de la transición	34
<i>Pedro Antonio Amores Bonilla y Jorge Pertusa Valero</i>	
La educación ambiental desde la transdisciplinariedad en el contexto reglado. El diseño de proyectos a partir de la triangulación metodológica	46
<i>Antonio Barceló Aguilar</i>	
Las aportaciones de Francisco de Zamora y Peinado a la Real Sociedad Económica Matritense de Amigos del País [1777-1785].....	58
<i>Manuel Bermúdez Méndez</i>	
Movimientos sociales de los años 60 y 70: derechos civiles, feministas, estudiantiles, LGTBIQ+ y vida independiente	68
<i>Gorety Margarita Campos y Mercedes Yesenia Jaimes de Campos</i>	
Sesgos de edad y tecnología en la política mexicana.....	78
<i>Adriana Cantón</i>	
La construcción discursiva en estudiantes de educación superior a través del u-learning.....	87
<i>André Runée Contreras Roa</i>	
Arte y literatura: herramientas para la historia.....	98
<i>Blanca Domínguez Marcello</i>	
From Bishōjo Senshi to Pretty Guardian: the role of ELF in the term standardization of the Sailor Moon franchise	108
<i>Salomón Doncel-Moriano Urbano</i>	
Una mirada Europea a la participación de las mujeres en los campos STEM	120
<i>Eva Epelde y Nahia Idoiaga Mondragon</i>	
La despoblación en Extremadura: una perspectiva comparada entre los tiempos modernos y la actualidad.....	130
<i>Ana Belén Gallardo Broncano y Ana Isabel Horcajo Romo</i>	

Impulso a los valores y toma de consciencia mediante el aprendizaje-servicio en la educación superior en arquitectura y diseño urbano	143
<i>Jorge Omar García Escamilla y Mariona Graell Martín</i>	
Estrategias de trabajo colaborativo con alumnado de educación superior para el aprendizaje de las funciones ejecutivas.....	155
<i>María del Carmen García Mendoza</i>	
Las TIC en educación superior durante el siglo XXI: desafíos y oportunidades para la práctica docente	167
<i>María del Carmen García Mendoza</i>	
El lenguaje del sabor: estudio de su estructura léxico-semántica en español	178
<i>Joseph García Rodríguez</i>	
Key skills and their impact on Marketing students' satisfaction and loyalty: a comparative study in Spain and Turkey	190
<i>Elena González-Gascón y María D. De-Juan-Vigaray</i>	
Inteligencia artificial y emergencia climática: Desafíos y oportunidades.....	201
<i>César Augusto Gutiérrez Rodríguez</i>	
El Flos Sanctorum de Pedro de Ribadeneyra i la figura de Julià l'Apòstata	213
<i>Clarissa Maria Leone</i>	
Un análisis del trágico destino de la mujer en la novela Wu Kui de Jia Pingwa	222
<i>Wanruo Luo</i>	
Una mirada al desarrollo del estatus de las mujeres en China desde tres etapas históricas	230
<i>Wanruo Luo</i>	
La gestión de la innovación y el conocimiento a través de la resiliencia en las PYMES de Latinoamérica	239
<i>Gabriel Alejandro Bermeo Montalvo, Candy Abad Arévalo, Teresa Magal-Royo y Lourdes Canós-Darós</i>	
Improving usability in a federated Moodle ecosystem within a European University Alliance: the Transform4Europe case study.....	249
<i>Federica Mancini & Riccardo Fattorini</i>	
Toponímia i antroponímia en l'obra literària de Vicent Manuel Branxat	262
<i>Robert March Tortajada</i>	
Programas educativos bilingües y rendimiento académico en alumnos de educación secundaria en España	271
<i>Andrea Jiménez Terol y Alonso Mateo Gómez</i>	

Evolución y transcendencia en Los fusilamientos de Goya.....	283
<i>Enrique Mena García</i>	
Tendencias en los estudios de desarrollo y territorio: análisis a partir de indicadores bibliométricos	294
<i>Nelson Leonardo Montoya Arévalo</i>	
Diseño de recursos didácticos universales para Educación Infantil mediante Aprendizaje-Servicio y tecnología en la formación inicial docente.....	303
<i>Francisca Moreno-Tallón y Sofía Villatoro Moral</i>	
Las docentes valencianas y su impulso a la renovación pedagógica en las aulas desde finales de los años 60 hasta la actualidad	315
<i>Beatriz Cercos-Chamorro y Cristina Navarro Robles</i>	
Explorando la inteligencia artificial como recurso innovador en la enseñanza del inglés.....	326
<i>Cristina Navas Romero</i>	
Iniciación al proyecto de espacio público en el contexto de emergencia climática	338
<i>Francisco Conejo-Arrabal, Nuria Nebot-Gómez de Salazar, Jorge Asencio-Juncal y Rubén Mora-Esteban</i>	
La recepción del teatro entre los escolares de educación secundaria para el desarrollo de la competencia literaria: el éxito del teatro grecolatino	351
<i>Fernando Nicolás Flores</i>	
Lingüística aplicada y competencia intercultural en ELE: evaluación de propuestas didácticas mediante una revisión sistemática	362
<i>Carmen Oliva Sanz</i>	
Estrategias de polarización y falacias lógicas en X análisis del discurso	374
<i>Itziar Pedroche-Santoveña y Roberto Feltrero-Oreja</i>	
Un análisis de la película Locura de Amor (1948) desde una doble perspectiva histórica.....	385
<i>Agustín J. Pérez Cipitria</i>	
Entre el miedo y la esperanza. Las emociones y las pasiones como legitimación en la guerra santa cristiana medieval.....	395
<i>Juan José Pizarroso Serrano</i>	
Derecho del mar en acción: aprendiendo a través de la gamificación y el cine.....	406
<i>Rocío María Pozo Tomás</i>	

El aprendizaje de la política de inmigración y asilo de la Unión Europea a través del Role playing	417
<i>Adela Rodríguez Mañogil</i>	
El silencio como herramienta retrotópica coercitiva en la obra de Najat el-Hachmi.....	425
<i>Rocío Rojas-Marcos Albert</i>	
La distorsión de referencias culturales como indicador de la función mediadora de la audiodescripción	436
<i>Alejandro Romero-Muñoz</i>	
Creencias epistémicas en la praxis tutorial universitaria latinoamericana: hallazgos preliminares y horizontes emergentes	446
<i>Franklin Salas Aular, Lidia Ysabel Pareja Pera, Carla Giuliana Guanilo Pareja y Carlos Enrique Guanilo Paredes</i>	
Modelado computarizado de diseño, ingeniería e información de construcciones históricas para la transferencia científico-tecnológica de bienes históricos, desde entornos universitarios	458
<i>Alberto Sánchez-Lite, José Luis Fuentes-Bargues, Cristina González-Gaya y Alcínia Zita Sampaio</i>	
Exploring the Impact of Virtual Cultural Exchanges in Enhancing Cultural Awareness among Japanese Students	468
<i>Tomoe Sato</i>	
Literacidades académicas en carreras de grado en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje	480
<i>Andrea Rossana Sayago</i>	
Qui porta flors a na Glòria? (1975): identitat, desig i tabú en els primers contes de Carme Riera	492
<i>Laura Sellés Lloret</i>	
Claves para la implantación de programas de práctica física infantil.....	500
<i>Roberto Silva Piñeiro</i>	
La competencia global en la construcción de cultura de paz.....	511
<i>Jhon Anderzon Torres Delgado</i>	
¿Está preparado el profesorado de Formación Profesional para afrontar el desafío de implementar la nueva ley?	525
<i>Agustina Torres Prioris</i>	
Información y poder en las monarquías ibéricas: un acercamiento al catastro de Ensenada y las “memórias paroquiais”	534
<i>Diego Vicente Sánchez</i>	

Inteligencia artificial y emergencia climática: Desafíos y oportunidades

César Augusto Gutiérrez Rodríguez

Corporación Universitaria Minuto de Dios (Colombia)

DOI:<https://doi.org/10.14679/4102>

Resumen: A pesar del potencial que tiene la inteligencia artificial (IA) para impulsar la eficiencia y la innovación en diversos campos como la medicina, la industria y la educación, también presenta desafíos ambientales preocupantes. La huella de carbono, derivada del consumo energético de los centros de datos y la producción de hardware, contribuye al cambio climático. Además, la obsolescencia programada intensifica la problemática de los residuos electrónicos (RAEE), contaminando el medio ambiente y poniendo en riesgo la salud humana. No obstante, la IA también ofrece soluciones para la emergencia climática, como la optimización de procesos industriales, la gestión eficiente de recursos naturales y la predicción de riesgos naturales. Para un futuro sostenible, es crucial desarrollar algoritmos más eficientes, utilizar hardware de bajo consumo y transitar hacia energías renovables. La educación juega un papel fundamental en la concienciación sobre el uso responsable de la IA. Es necesario integrar en los currículos educativos, desde la primera infancia, una reflexión crítica sobre sus implicaciones ambientales y sociales. Entidades como la UNESCO y el Ministerio de Educación de Colombia promueven la integración responsable y ética de la IA en la educación, fomentando la comprensión de sus riesgos e impulsando planes de mejora que impacten positivamente el medio ambiente. La clave reside en la convergencia entre la innovación tecnológica y la responsabilidad ambiental.

Palabras clave: inteligencia artificial, medio ambiente, sostenibilidad, educación, TIC, huella de carbono, cambio climático

Abstract: While artificial intelligence (AI) has the potential to drive efficiency and innovation across various sectors, it also raises significant concerns regarding its environmental impact. The carbon footprint generated by the energy consumption of data centers and the accelerated production of hardware contributes notably to climate change. Additionally, the growing issue of electronic waste (e-waste) stemming from planned obsolescence further compounds the problem. However, AI also presents solutions to address the climate crisis, such as optimizing industrial processes and predicting natural hazards. The continuous development of more efficient algorithms, the use of low-power hardware, and the transition towards renewable energy sources are crucial steps in this direction. Moreover, integrating education and awareness on the responsible use of AI into educational curricula is essential, fostering critical thinking about its environmental and social implications. This aligns with the efforts promoted by organizations like UNESCO and the Colombian Ministry of Education. The key lies in achieving a convergence between technological innovation and environmental responsibility.

Keywords: artificial intelligence, environment, sustainability, education, ICT

1. INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una tecnología transformadora con aplicaciones en sectores como la industria, la educación, la salud, entre otros. Sin embargo, su rápido crecimiento ha generado preocupaciones ambientales debido al alto consumo energético y la generación de residuos electrónicos. La expansión de centros de datos y las infraestructuras tecnológicas incrementa su huella de carbono, planteando desafíos urgentes frente al cambio climático. Este estudio analiza las interacciones entre IA y emergencia climática, abordando riesgos ambientales y posibles soluciones tecnológicas. Se destacan dos aspectos clave: el impacto negativo de la IA debido al consumo energético y la obsolescencia tecnológica, y su potencial como herramienta para promover la sostenibilidad, optimizando procesos y gestionando recursos. A pesar de su capacidad para mejorar la eficiencia, la infraestructura que soporta la IA depende mayoritariamente de fuentes de energía no renovables, aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación por residuos tecnológicos. Es fundamental explorar estrategias que equilibren los beneficios de la IA con las demandas de sostenibilidad ambiental. La sostenibilidad busca equilibrar el desarrollo económico, social y ambiental, garantizando un futuro próspero. Según Garzón et al. (2023) desde los años 80 Colombia ha implementado políticas sobre ahorro de agua y reducción de residuos sólidos, responsabilidad que también recae en las personas, quienes pueden adoptar hábitos como reciclar y ahorrar energía. El uso masivo de tecnología, como dispositivos móviles e Internet, ha incrementado la contaminación. El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2022) informa que el uso de Internet ha aumentado un 84,1% en los jóvenes entre 12 y 24 años, y un 76,3% en los adultos entre 24 y 54 años, utilizando la red para actividades como teletrabajo y educación. Estos datos reflejan una tendencia global hacia una mayor dependencia de la tecnología en la vida cotidiana y en el ámbito laboral, subrayando la importancia de la conectividad y el acceso a herramientas digitales para el desarrollo económico y social.

Ahora bien, una de las tecnologías que ha surgido como una de las fuerzas más transformadoras en el panorama tecnológico contemporáneo es la inteligencia artificial (IA), redefiniendo las fronteras de numerosos campos y sectores. Su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos a velocidades impensables, y con una precisión sin precedentes ha permitido avances significativos en áreas tan diversas como la medicina, la ingeniería, la educación y la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, el rápido crecimiento y la adopción generalizada de tecnologías basadas en IA también han suscitado preocupaciones significativas sobre su impacto ambiental. Este artículo se propone examinar la emergencia ambiental provocada por el uso expansivo de la IA, discutiendo tanto las consecuencias actuales como las potenciales a mediano y largo plazo, explorando las estrategias para mitigar los riesgos, y las políticas necesarias para enfrentar esta crisis emergente.

La IA se ha convertido en un elemento fundamental de la sociedad moderna, transformando radicalmente la forma en que interactuamos con la tecnología y cómo esta influye en nuestro entorno. Como señalan Rodríguez et al. (2024), la convergencia entre grandes cantidades de datos, computación de alto desempeño y precisión de los algoritmos de aprendizaje automático ha sido fundamental para este éxito.

En el sector industrial, por ejemplo, la IA ha revolucionado los procesos y la competitividad de las empresas. Desde la manufactura hasta la logística, la automatización avanzada impulsada por la IA ha mejorado la eficiencia, reducido los costos y minimizado los errores. Aparicio et al. (2022) destacan que en la manufactura, técnicas de deep learning se utilizan para identificar defectos superficiales en productos, asegurando un control de calidad más riguroso y eficiente.

Asimismo, la IA ha permeado la gestión empresarial, optimizando procesos clave como la cadena de suministro y la atención al cliente. Esta transformación permite a las empresas adaptarse de manera más ágil a las necesidades y comportamientos de los consumidores, como indica Gilsanz (2021): La IA ha transformado la gestión empresarial, optimizando desde la cadena de suministro hasta la atención al cliente, permitiendo a las empresas responder de manera más efectiva a las necesidades y comportamientos de los consumidores.

Ávila-Tomás, Mayer-Pujadas y Quesada-Varela (2021), mencionan que en el sector de la salud, la IA ha tenido un impacto profundo, mejorando el diagnóstico y tratamiento de enfermedades, gracias a la capacidad que tiene para analizar grandes conjuntos de datos médicos, lo que ha llevado a avances significativos en áreas como la oncología y la cardiología, donde algoritmos de IA ayudan a diagnosticar enfermedades con una precisión antes inalcanzable. Además, la IA está revolucionando la cirugía con tecnologías como la realidad aumentada y la robótica, mejorando la precisión de los procedimientos quirúrgicos y reduciendo los tiempos de recuperación para los pacientes. Asimismo, la automatización y la digitalización, impulsadas por estas tecnologías, están transformando las estructuras ocupacionales y las habilidades requeridas en el trabajo moderno. La IA no solo reemplazará tareas repetitivas, sino que también creará nuevos tipos de empleo que requieren habilidades avanzadas en tecnología y análisis de datos. Este cambio presenta desafíos, como la necesidad de recualificación laboral, pero también ofrece oportunidades para mejorar la productividad y generar empleos en sectores emergentes.

En el ámbito educativo, el impacto de la IA es un tema de creciente interés y debate dentro de la comunidad académica. Forero y Negre (2023) destacan que la integración de la IA en los procesos educativos promete transformar radicalmente la manera en que enseñamos y aprendemos. Esta tecnología ofrece oportunidades sin precedentes para personalizar la enseñanza, adaptando los materiales y las técnicas pedagógicas a las necesidades individuales de los estudiantes, lo que potencia su capacidad de aprendizaje y retención. Además, señalan que la IA mejora los métodos de evaluación y facilita el acceso a recursos educativos innovadores, que puede revolucionar la educación al hacerla más accesible y efectiva. Espero que esta versión mejorada cumpla con tus expectativas y se ajuste a las recomendaciones proporcionadas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2023) como organismo internacional líder en la promoción de la educación para todos, ha reconocido la importancia crítica de integrar la inteligencia artificial (IA) en los sistemas educativos, especialmente en respuesta a la emergencia planetaria actual y la necesidad urgente de acciones sostenibles. La emergencia planetaria, caracterizada por desafíos como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la desigualdad social, exige una reevaluación de cómo la educación puede contribuir a soluciones sostenibles y resilientes. En este contexto, la IA se presenta como una herramienta potencialmente transformadora, capaz de abordar algunos de los desafíos más apremiantes que enfrenta la educación hoy en día.

La UNESCO (2023) ha señalado que la IA tiene el potencial de revolucionar la educación al personalizar el aprendizaje, mejorar los métodos de enseñanza y acelerar el progreso hacia el logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 4, que busca garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos. Sin embargo, también advierte sobre los riesgos y desafíos asociados con la rápida adopción de tecnologías de IA, incluidos problemas éticos, de privacidad y la posibilidad de ampliar las brechas de desigualdad existentes.

En el documento Consenso de Beijing sobre la inteligencia artificial y la educación, la UNESCO (2019) enfatiza la necesidad de desarrollar políticas y estrategias que promuevan el uso ético y equitativo de la IA en la educación, asegurando que estas tecnologías beneficien a todos los estudiantes y no solo a unos pocos privilegiados. Este consenso destaca la importancia de la cooperación internacional y el intercambio de conocimientos para maximizar los beneficios de la IA, al tiempo que se minimizan sus riesgos. Asimismo, aboga por la incorporación de la educación sobre IA en los currículos escolares, preparando a los estudiantes no solo para utilizar estas tecnologías de manera efectiva sino también para comprender sus implicaciones éticas y sociales. Esto es crucial para fomentar una ciudadanía global informada y responsable que pueda participar activamente en la toma de decisiones sobre cómo se desarrolla y se utiliza la IA en la sociedad.

Sin embargo, también se han identificado importantes retos a partir de impactos negativos generados por la llegada de la IA directo a la sociedad. De igual manera, un estudio reciente de Tenés (2023) evidencia que la operación de modelos de aprendizaje profundo, especialmente aquellos que requieren grandes cantidades de datos y poder computacional, pueden resultar en una huella de carbono considerable. Este alto consumo energético contradice los objetivos de eficiencia energética y sostenibilidad ambiental, especialmente en un contexto donde la mayoría de la energía consumida proviene de fuentes no renovables.

La huella de carbono es un indicador ambiental que mide la cantidad total de gases de efecto invernadero (GEI), expresados en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), que son emitidos directa o indirectamente por actividades humanas o industriales. Este concepto se ha convertido en una herramienta esencial para evaluar el impacto ambiental de diversos productos, servicios y actividades, y es fundamental en los esfuerzos para mitigar el cambio climático, ya que incluye todas las emisiones de GEI que se liberan a la atmósfera como resultado de actividades específicas. Esto puede incluir la quema de combustibles fósiles para la generación de energía, emisiones de los procesos industriales, transporte, y la producción y descomposición de materiales y productos. En este mismo sentido, la norma ISO 14067:2018, la huella de carbono se cuantifica siguiendo metodologías estandarizadas que aseguran la precisión y comparabilidad de los datos entre diferentes evaluaciones y sectores.

El impacto ambiental de la huella de carbono es significativo, ya que los GEI contribuyen al efecto invernadero, un proceso natural que se ve exacerbado por las actividades humanas y que resulta en el calentamiento global y el cambio climático. Este aumento en las temperaturas globales puede llevar a cambios severos en el clima, afectando los ecosistemas, elevando el nivel del mar, y alterando los patrones meteorológicos.

Este consumo energético de los centros de datos o nubes es el corazón de las operaciones de IA, y ha sido identificado como un contribuyente significativo a la huella de carbono global. Igualmente, Masanet et al. (2020), indica que los centros de datos a nivel mundial consumieron alrededor del 1% de la demanda eléctrica global en 2018, y se espera que esta cifra aumente con el crecimiento continuo de las tecnologías basadas en la nube y el *big data*. La demanda de energía para alimentar y enfriar estos centros de datos ha crecido exponencialmente con el aumento en el procesamiento de datos y la complejidad de las tareas de IA.

Según un estudio de Sampedro et al. (2021), el uso de Internet y servicios relacionados ha incrementado notablemente el trabajo de los centros de datos, elevando su consumo de energía eléctrica. Este aumento en el consumo energético contribuye de manera significativa a las emisiones globales de gases de efecto invernadero, representando

entre el 2.5% y el 3% de las emisiones globales, con proyecciones de aumento hasta un 14% para el año 2040.

Por otro lado, el impacto ambiental de la IA no se limita únicamente a su consumo energético. El ciclo de vida de los dispositivos y sistemas que facilitan la IA contribuye significativamente a la acumulación de residuos electrónicos, un problema que se agrava por la rápida obsolescencia tecnológica y la falta de infraestructuras eficientes para el reciclaje electrónico por lo que la producción de hardware necesario para el funcionamiento de sistemas de IA también incrementa su huella ambiental. En dicho sentido, Betancourt et al. (2012) subrayan que la investigación sobre el diseño sostenible de infraestructuras y la optimización de recursos en centros de datos adquiere una relevancia particular, pues desarrollar y adoptar estas medidas pueden mitigar el impacto ambiental asociado con la IA, y aportar a la huella ecológica, que según Díaz et al. (2023), ...“responde a la necesidad de ofrecer herramientas que permitan medir, de una forma racional, técnica y accesible, los efectos concretos de la acción humana sobre el medio natural” (p. 792).

La producción de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), también conocidos como *e-waste*, ha experimentado un crecimiento exponencial debido a la rápida evolución tecnológica y la reducción en la vida útil de muchos dispositivos electrónicos. Este aumento en la generación de RAEE presenta múltiples desafíos ambientales y de salud pública que requieren atención urgente, ya que contienen una variedad de sustancias tóxicas y peligrosas, incluyendo plomo, mercurio, cadmio, cromo, y retardantes de llama bromados, entre otros. Cuando estos residuos no se manejan adecuadamente, dichas sustancias pueden filtrarse al medio ambiente, contaminando suelos y cuerpos de agua, lo que puede tener efectos devastadores en los ecosistemas locales, afectando la flora y fauna y alterando la biodiversidad.

Asimismo, la producción de dispositivos electrónicos consume cantidades significativas de recursos naturales, incluyendo metales preciosos y raros, por lo cual, la rápida tasa de obsolescencia de estos dispositivos lleva a que gran parte de sus recursos terminen en rellenos sanitarios o vertederos, en lugar de ser reciclados y reutilizados, lo que contribuye a la disminución de recursos no renovables. Valderrama et al. (2018), mencionan que la descomposición de materiales orgánicos en los RAEE, especialmente en condiciones anaeróbicas de los vertederos, puede generar metano, un potente gas de efecto invernadero. Además, de ello, la incineración inadecuada de estos residuos puede liberar dióxido de carbono y otros contaminantes al aire, aumentando así el problema del cambio climático.

Baque et al. (2022), identifican que otros impactos indirectos que afectan a nivel ambiental son el incremento en la producción de dispositivos, ya que la IA estimula la demanda de nuevos y más potentes dispositivos electrónicos, lo que a su vez impulsa la producción de estos dispositivos. Este ciclo de demanda y producción intensifica la extracción de recursos naturales, el consumo de energía en procesos de manufactura y el aumento en la generación de residuos al final de la vida útil de los dispositivos, y los efectos en la biodiversidad, pues la construcción de infraestructuras como centros de datos a menudo requiere la deforestación o la alteración de hábitats naturales, lo que puede llevar a la pérdida de biodiversidad, afectando negativamente a los ecosistemas locales.

La creciente preocupación por estos impactos ha llevado a investigadores y profesionales a explorar métodos para mitigar la huella ambiental de la IA. Un estudio de caso de González (2024), sobre el consumo energético de los algoritmos de árbol de decisión revela que, aunque estos algoritmos son esenciales para el procesamiento de datos a gran escala, su eficiencia energética puede variar significativamente y depende

en gran medida de la implementación y la infraestructura subyacente. Este hallazgo subraya la necesidad de optimizar los algoritmos y las plataformas de hardware para mejorar la sostenibilidad general de las tecnologías de IA. Asimismo, la implementación de políticas y regulaciones efectivas es fundamental para gestionar el impacto ambiental de la IA. La introducción de estándares internacionales para la eficiencia energética de los centros de datos y la promoción de prácticas de diseño sostenible en el desarrollo de hardware y software son pasos necesarios para asegurar un futuro más verde para la tecnología de IA

Frente a esta situación, se hace imperativo el desarrollo de estrategias de mitigación que incluyan desde la innovación tecnológica hasta la implementación de políticas y regulaciones que guíen hacia un desarrollo sostenible de la IA. La integración de consideraciones ambientales en el diseño y operación de sistemas basados en IA puede contribuir significativamente a reducir su impacto negativo sobre el medio ambiente.

2. DESAFÍOS DEL USO DE LA IA

Es evidente que la inteligencia artificial (IA) beneficia en gran medida a la industria y a la vida cotidiana, reduciendo el tiempo necesario para realizar actividades que normalmente podrían tardar horas o incluso días. Según Badaró et al. (2013), la IA está referida al modo de simular las capacidades de inteligencia del cerebro humano, con lo que se optimizan procesos industriales, permitiendo que las máquinas realicen su trabajo de forma automática. Mariño y Primorac (2016), amplían la definición al afirmar que la IA, es una rama de las Ciencias de la Computación que proporciona "una diversidad de métodos, técnicas y herramientas para modelizar y resolver problemas simulando el proceder de los sujetos cognoscentes" (p. 232).

Sin embargo, es importante considerar los efectos negativos de la IA en el medio ambiente donde los centros de datos que alojan los servidores utilizados para la IA requieren una gran cantidad de energía y deben estar en funcionamiento las 24 horas del día para proporcionar respuestas inmediatas a los usuarios. Esta demanda energética contribuye significativamente a la huella de carbono y plantea desafíos ambientales que deben ser abordados para lograr un desarrollo sostenible de la tecnología.

La Huella de Carbono (HdC), definida en términos generales, representa la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera como resultado de las actividades de producción o consumo de bienes y servicios. Aunque la inteligencia artificial (IA) por sí sola no emite gases de efecto invernadero, sus procesos de funcionamiento, especialmente en los centros de datos, sí lo hacen. Esto resulta en una gran cantidad de GEI acumulados en la atmósfera, lo que contribuye al calentamiento global. Adicionalmente Espíndola y Valderrama (2012), observan que a partir de 1979 los científicos comenzaron a afirmar que un aumento al doble en la concentración del CO₂ en la atmósfera supondría un calentamiento medio de la superficie de la tierra de entre 1,5 y 4,5. Este aumento en la concentración de GEI provoca que la energía que llega a la Tierra sea devuelta más lentamente, reteniéndose más tiempo junto a la superficie y elevando la temperatura por lo que hay un consenso general, que afirma que, a mayor concentración de gases de efecto invernadero, mayor será el aumento de la temperatura en la Tierra, aumentando los efectos del cambio climático.

La mayoría de estos GEI son el metano (CH₄) y el dióxido de carbono (CO₂), estos gases se generan por la producción y el transporte de carbono y la quema de combustibles fósiles, respectivamente. El efecto de estos gases sobre el medio ambiente, dependen de varios aspectos como la concentración en la cual se generan, el tiempo que permanezca en el medio o atmósfera y su potencial de calentamiento.

Las emisiones directas de HdC de bienes y servicios, son aquellas realizadas directamente por la empresa, mientras que se consideran generadas indirectamente, son las emisiones producidas en la cadena de proveedores de los que se abastece la empresa para obtener sus insumos.

Por otra parte, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (2011) menciona que la obsolescencia programada debido a la necesidad de productos nuevos y su cultura de consumo rápido, puede generar un gran impacto ambiental y aumentar la huella de carbono, lo que como consecuencia aumenta el riesgo del cambio climático drásticamente, con un incremento de las temperaturas en 1.5°C por encima de las registradas en la época preindustrial.

Por otro lado, debido a la deforestación, la sobreexplotación de los recursos naturales o la invasión en el hábitat de diversas especies, generada para el desarrollo y la aplicación de la inteligencia artificial, se puede evidenciar un efecto negativo, sin responsables que mitiguen o controlen las consecuencias de estas prácticas. La Inteligencia Artificial emerge como parte esencial de la evolución tecnológica de la agroindustria, teniendo como objetivo brindar al productor información precisa para la toma de decisiones.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define la mecanización como el uso de todo tipo de maquinaria y equipo, desde herramientas manuales sencillas y básicas hasta maquinaria más sofisticada y a motor, en las actividades agrícolas. El impacto de esta mecanización en la industria y la agricultura puede entenderse y tomarse de manera positiva en la medida en que fortalece los procesos de siembra, recolección, alimentación de especies y otras tareas que se desarrollan a diario y proyectan un crecimiento a nivel general de los ecosistemas que se benefician (FAO, 2022). La tecnología ha avanzado significativamente en muchas áreas, incluida la agronomía, y su aplicación en la agricultura ha demostrado ser crucial para el desarrollo y progreso de los países en vías de desarrollo.

Es una controversia plantear una única visión de lo que implica la IA y la mecanización en ecosistemas y biodiversidad, se sugiere mitigar los GEI, y se aprovecha en su crecimiento global. La Inteligencia artificial logrará que el sector agrario duplique su producción de manera sustentable.

3. OPORTUNIDADES DEL USO DE LA IA

Tomando en cuenta el impacto negativo que tiene la IA en el medio ambiente, es necesario despertar e iniciar por el camino que conlleve revertir o minimizar estos daños, por lo tanto, no se trata de buscar prohibir su uso, sino de encontrar estrategias que se enfoquen en presentar soluciones. Por un lado, se encuentra la necesidad de reducir el consumo energético asociado a las IA, dado que Maldonado (2023) afirma que se estima que para el año 2027 el consumo energético dedicado a IA supere los 150 TW/h al año de energía.

Para avanzar por el camino de la reducción del gasto energético, dice Maldonado (2023) que “es necesario adoptar un enfoque integral que combine la eficiencia energética, la sostenibilidad y la optimización del uso de la IA” (p. 1). Es así como, en su artículo propone mejorar la eficiencia energética mediante el desarrollo de algoritmos y técnicas de aprendizaje automático más eficientes, así como el uso de hardware de bajo consumo y técnicas de refrigeración avanzadas. Además, afirma, es esencial transaccionar hacia una mezcla de energía renovable y nuclear para reducir la huella ambiental de la IA, lo que implica utilizar fuentes limpias como la energía solar, eólica y nuclear, y fomentar la inversión en infraestructura de energía renovable. Finalmente, la distribución de la carga de trabajo de la IA en múltiples dispositivos o centros de datos puede ayudar a reducir el consumo energético, aprovechando la

capacidad ociosa de los dispositivos y minimizando la necesidad de recursos energéticos concentrados en un solo lugar.

De igual manera, Maldonado (2023) comenta que, mejorar la eficiencia energética de los algoritmos de inteligencia artificial es crucial para reducir el consumo de energía, lo que implica desarrollar algoritmos que sean más eficientes en términos de recursos computacionales y datos, pues son un aliado indiscutible para la preservación del medio ambiente, la lucha contra el cambio climático, la agricultura y demás aspectos que involucran el uso de la tierra.

Además, educar a los usuarios, desarrolladores y líderes sobre la importancia de la sostenibilidad energética a través de la conciencia ambiental y la responsabilidad social, también es necesario propender por iniciativas como la gestión de proyectos verdes, que son un enfoque de la gestión de proyectos que se centra en el impacto ambiental de un proyecto. Implica la implementación de prácticas ecológicas a lo largo del ciclo de vida del proyecto, lo que incentivaría a que los productos de procesos investigativos y de desarrollo en los diferentes programas educativos, aporte significativamente al mejoramiento ambiental.

Por su parte Posadinu (2023) afirma que la IA también es útil para mejorar el rendimiento de los cultivos, el análisis del suelo, para anticipar y prevenir desastres naturales, teniendo gran incidencia apoyando en la interpretación de datos meteorológicos asociados a las previsiones del clima y el tiempo, permitiendo de esta forma, alertar sobre inundaciones o incendios.

Es así como las IA a través de las redes neuronales profundas, tras analizar datos, tienen la capacidad de realizar diversas tareas cruciales para la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. Desde prever el clima y el tiempo hasta interpretar datos meteorológicos para alertar sobre posibles desastres naturales como incendios, erupciones volcánicas o inundaciones, estas redes pueden desempeñar un papel fundamental en la prevención y mitigación de riesgos. Además, su capacidad para controlar los niveles de contaminación, ayudar a que existan ciudades más sostenibles mediante sistemas de monitorización del transporte y la gestión de residuos, y realizar predicciones sobre el futuro, cómo identificar especies en peligro de extinción, optimizar el uso de energía y detectar cambios ambientales, demuestran el potencial transformador de la inteligencia artificial en la protección del medio ambiente y la promoción de prácticas más sostenibles.

De acuerdo con lo anterior, es posible afirmar que la IA y la sostenibilidad no tienen por qué estar separados, estos son dos conceptos que pueden unirse para solucionar muchos de los grandes problemas de la naturaleza. La industria ya está trabajando para hacer que la IA sea más sostenible y minimizar su impacto ambiental.

4. CONCLUSIONES

El análisis realizado sobre el impacto de la IA en el contexto de la emergencia climática revela un escenario ambivalente: por un lado, la IA ofrece oportunidades sin precedentes para optimizar procesos industriales, gestionar recursos de manera eficiente y predecir desastres naturales. Por otro lado, plantea desafíos ambientales significativos, como el alto consumo energético y la generación de residuos electrónicos, que requieren una atención urgente. En este sentido, el papel que desempeñan los actores clave en la sociedad —gobiernos, empresas, investigadores y educadores— es fundamental para maximizar el potencial de la IA mientras se mitigan sus efectos negativos.

Dada la creciente demanda de potencia computacional para el entrenamiento y funcionamiento de modelos de IA, una línea prioritaria de investigación es el

desarrollo de algoritmos que reduzcan significativamente el consumo energético. Estudios futuros deben centrarse en la creación de tecnologías más eficientes, como redes neuronales de bajo consumo o arquitecturas descentralizadas, que distribuyan el procesamiento de datos para disminuir el impacto en los centros de datos. La meta es lograr una IA que no solo sea más rápida y precisa, sino también ambientalmente sostenible.

Otra área de investigación esencial es la implementación de un enfoque de economía circular en la producción y disposición de hardware utilizado en sistemas de IA. La obsolescencia programada de dispositivos y la acumulación de residuos electrónicos son problemas críticos que requieren soluciones innovadoras. Proponer nuevos modelos de diseño sostenible y reciclaje eficiente de componentes tecnológicos debe convertirse en una prioridad para asegurar que la industria tecnológica contribuya a la reducción de la huella de carbono.

Es necesario profundizar en estudios que orienten el diseño de políticas públicas y normativas internacionales que regulen el uso de IA desde una perspectiva sostenible. Se deben formular marcos legales que integren criterios de eficiencia energética, reducción de emisiones de carbono y reutilización de recursos tecnológicos. Esta línea de investigación puede explorar el rol de los gobiernos en la implementación de incentivos para la adopción de tecnologías más limpias, al tiempo que sanciona prácticas que resulten en daños ecológicos.

El ámbito educativo también debe ser considerado como un espacio clave para la transformación hacia una cultura de sostenibilidad tecnológica. Es fundamental que los sistemas educativos, a nivel global, integren en sus currículos temas relacionados con el impacto ambiental y ético de la IA. En particular, la formación de futuros ingenieros, científicos de datos y desarrolladores de IA debe incluir competencias en diseño sostenible y responsabilidad social. Fomentar la concientización sobre los efectos ambientales de la tecnología entre los estudiantes y profesionales del sector permitirá que futuras generaciones desarrollen soluciones tecnológicas alineadas con los principios de la sostenibilidad.

Las autoridades gubernamentales tienen la responsabilidad de liderar la transición hacia una IA más sostenible mediante el diseño de políticas públicas que promuevan el desarrollo y uso de tecnologías limpias. Deben establecerse normativas estrictas que incentiven la reducción del impacto ambiental en toda la cadena de producción tecnológica, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final de dispositivos. Además, se sugiere promover la colaboración entre gobiernos, academia e industria para impulsar proyectos de investigación y desarrollo enfocados en la sostenibilidad.

Las corporaciones que lideran el desarrollo de IA deben adoptar prácticas empresariales que minimicen su huella ecológica. Esto incluye invertir en tecnologías de IA más eficientes desde el punto de vista energético, así como en infraestructuras que funcionen con energías renovables. Asimismo, las empresas deben desarrollar estrategias para la reducción de residuos electrónicos, priorizando el reciclaje y la reutilización de componentes en sus procesos de fabricación. Implementar un enfoque de ciclo de vida para los productos tecnológicos permitirá mitigar los daños medioambientales a largo plazo.

El papel de los investigadores es fundamental para ampliar el conocimiento sobre el impacto de la IA en el medio ambiente. Además de continuar explorando las ventajas que ofrece la IA en la gestión ambiental, es crucial que los estudios futuros se centren en los costos ocultos de esta tecnología. La investigación interdisciplinaria, que combine ciencias ambientales, ingeniería y ciencias de la computación, tiene el

potencial de generar soluciones transformadoras. Los investigadores deben buscar alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas para implementar las soluciones propuestas en entornos reales.

Los educadores deben desempeñar un papel activo en la creación de una conciencia crítica respecto al uso de tecnologías avanzadas. La incorporación de estudios sobre IA y sostenibilidad en los programas educativos permitirá a los estudiantes comprender los dilemas éticos y ambientales asociados con el desarrollo tecnológico. Los educadores, en conjunto con investigadores, pueden desarrollar modelos pedagógicos que integren la IA como una herramienta para fomentar la sostenibilidad en diversos contextos, desde la educación básica hasta la formación universitaria.

El camino hacia una inteligencia artificial verdaderamente sostenible requiere de un enfoque integral y colaborativo. La investigación, la educación, las políticas públicas y las prácticas empresariales deben alinearse para garantizar que el avance tecnológico no se convierta en un catalizador de mayores problemas ambientales. En este sentido, la IA tiene un enorme potencial para contribuir a la solución de los desafíos climáticos globales, siempre y cuando se utilice de manera responsable y ética. Solo mediante la combinación de innovación tecnológica y responsabilidad ambiental será posible aprovechar todo el potencial de la IA para construir un futuro más equitativo y sostenible.

REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). (2011). *Informe sobre el cambio climático*. <https://acortar.link/7lrrHN>
- Aparicio, L., Devia, P., & Amaya, O. (2022). Aplicación de *deep learning* para la identificación de defectos superficiales utilizados en control de calidad de manufactura y producción industrial: Una revisión de la literatura. *Ingeniería*. <https://doi.org/10.14483/23448393.18934>
- Ávila-Tomás, J., Mayer-Pujadas, M. & Quesada-Varela, V. (2021). La inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina II: importancia actual y aplicaciones prácticas. *Atención Primaria*, 53(1), (pp. 81-88). <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2020.04.014>.
- Badaró, S., Ibañez, L., & Agüero, M. (2013). *Sistemas expertos: Fundamentos, metodologías y aplicaciones*. Universidad de Palermo. <https://doi.org/10.18682/cyt.v1i13.122>
- Baque, D., Baque, A., Borbor, C. & Merchan, E. (2022). Impactos que generan los desechos tecnológicos en el medio ambiente. *Journal TechInnovation*, 1(2), 26-32. <https://doi.org/10.47230/Journal.TechInnovation.v1.n2.2022.26-32>
- Betancourt, M., Villarreal, L., & Alvarado, R. (2012). Aplicación de inteligencia artificial para el diseño sostenible de vanos en el trópico. *Sistemas y Telemática*, 10(21), 29-41. <https://www.redalyc.org/pdf/4115/411534388002.pdf>
- Díaz, J., Higuerey, M., & Roa, J. (2023). La huella ecológica como componente para la formación ciudadana. En M. Escobar & D. Rojas (Eds.), *Investigar y educar para la sostenibilidad: Principios pedagógicos* (pp. 791-815). Editorial Instituto de Mejoramiento Profesional del Magisterio. https://drive.google.com/file/d/1qy5PTYxgVxx1J_0t37JSu8Fo8nvBACJJ/view
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) (2022). *Colombia avanza en su meta de estar conectada en un 70 % en 2022*. <https://acortar.link/pec1Ds>
- Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: Conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163-176.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2022). *Estrategias de manejo y conservación de especies vegetales para la alimentación humana y animal*.
- Forero-Corba, W., & Bennisar, F. (2024). Técnicas y aplicaciones del *machine learning* e inteligencia artificial en educación: Una revisión sistemática. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 27(1). <https://doi.org/10.5944/ried.27.1.37491>
- Garzón, M., Garzón, L., & Peñaloza, L. (2023). Hacia una educación para la sostenibilidad: Un compromiso para asegurar la supervivencia humana. En M. Escobar & D. Rojas (Eds.), *Investigar y educar para la sostenibilidad: Principios pedagógicos* (pp. 106-129). Editorial Instituto de Mejoramiento Profesional del Magisterio. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7304695>
- Gilsanz, M. (2021). El impacto de la inteligencia artificial en la sociedad. *Revista Diecisiete: Investigación Interdisciplinar para los Objetivos de Desarrollo Sostenible*, 1(1), 167-174. <https://acortar.link/6Pc50i>
- González, L. (2024). Comparativa del consumo energético de algoritmos de aprendizaje automático. [Trabajo de fin de grado, Universidad Rey Juan Carlos]. <https://hdl.handle.net/10115/38594>

- Maldonado, J. (2023, 30 de octubre). Reducir el consumo energético de la IA, gran negocio para las tecnológicas. *Observatorio Blockchain*. <https://acortar.link/xhfise>
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science*, 367(6481), 984-986. <https://doi.org/10.1126/science.aba3758>
- Mariño, S. I., & Primorac, C. R. (2016). Propuesta metodológica para desarrollo de modelos de redes neuronales artificiales supervisadas. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, (6), 231-245. <https://acortar.link/ydtsDT>
- Maldonado, J. (2023, 30 de octubre). Reducir el consumo energético de la IA, gran negocio para las tecnológicas. *Observatorio Blockchain*. <https://acortar.link/xhfise>
- Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science*, 367(6481), 984-986. <https://doi.org/10.1126/science.aba3758>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2019). *Beijing consensus on artificial intelligence and education*. En *International Conference on Artificial Intelligence and Education, Planning Education in the AI Era: Lead the Leap*. <https://acortar.link/e5awg2>
- Posadinu, E. (2023). Inteligencia artificial para la prevención de desastres naturales y resolución de problemas ambientales: Un estudio aplicado al archipiélago canario [Tesis de maestría, Universidad de Cataluña]. <https://acortar.link/K9I2ID>
- Rodríguez, C., Correa, A., Chunque, K., Bohorquez, F., Galindo, J., & Cedric, C. (2024). Repercusión de la inteligencia artificial (IA) en la gestión social inclusiva de los gobiernos locales: Revisión de literatura. *Revista de Climatología*, 1877-1896. <https://doi.org/10.59427/rcli/2024/v24cs.1877-1896>
- Sampedro, C., Machuca, S., Palma, D., & Villalta, B. (2021). Impacto ambiental por consumo de energía eléctrica en los *data centers*. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(4), 00034. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2786>
- Tenés Trillo, E. (2023). *Impacto de la Inteligencia Artificial en las Empresas*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. <https://acortar.link/Z2h7Zu>
- Valderrama López, C. F., Díaz, L. J., & Vargas, J. O. (2018). Análisis de la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEES): Estudio de caso en la ciudad de Neiva. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(1), 131-140. <https://doi.org/10.22490/21456453.2295>