

Inteligencia artificial y sustentabilidad climática: un análisis de su impacto y regulación

Artificial intelligence and climate sustainability:
an analysis of its impact and regulation

DOI: <https://doi.org/10.62457/w6gbm618>

Ángel González Escalante

Universidad Autónoma de Sinaloa

angelgonzalez@uas.edu.mx

<https://orcid.org/0009-0007-6927-966X>

Recibido: 30 de septiembre 2025 - Aceptado: 8 de junio 2026

Publicado como artículo científico en BUIYYA TIERRA, enero-junio 2026. Vol. 3 Núm. 5: pp. 31-44



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Resumen

La inteligencia artificial (IA) se ha consolidado como una herramienta con alto potencial para enfrentar los desafíos asociados al cambio climático. El objetivo de este estudio es analizar el impacto transversal de la IA en la lucha contra el cambio climático, explorar sus aplicaciones en sectores como la meteorología, la energía y la gestión de recursos naturales, así como examinar desafíos relevantes entre ellos elevado consumo energético y las implicaciones éticas que surgen de su uso como el sesgo algorítmico y preocupaciones de privacidad, para finalmente discutir la importancia crucial de establecer un marco regulatorio que maximice sus beneficios y minimice sus riesgos potenciales que garantice su uso responsable y sostenible. Para ello se revisan los marcos de gobernanza existentes y se esbozan puntos de partida para un debate legislativo de una regulación que permita equilibrar la innovación tecnológica con la necesidad de proteger los derechos de los ciudadanos y lograr un desarrollo sostenible.

Palabras clave: Inteligencia artificial, cambio climático, sostenibilidad, gobernanza, ética

Abstract

Artificial intelligence (AI) is emerging as a promising tool to address the challenges of climate change. The objective of this study is to analyze the cross-cutting impact of AI in the fight against climate change, exploring its applications in various sectors such as meteorology, energy, and natural resource management, as well as reviewing the significant challenges such as its high energy consumption and the ethical implications that arise from its use, such as algorithmic bias and privacy concerns, to finally discuss the crucial importance of establishing a regulatory framework that maximizes its benefits and minimizes its potential risks, guaranteeing its responsible and sustainable use. For this purpose, existing governance frameworks are reviewed, and starting points are outlined for a legislative debate on regulation that allows balancing technological innovation with the need to protect the rights of citizens and achieve sustainable development.

Keywords: artificial intelligence, climate change, sustainability, governance, ethics

Introducción

El cambio climático constituye uno de los principales desafíos del siglo XXI, debido a sus efectos sobre los ecosistemas, economías y sociedades a escala global. Con la concentración de gases de efecto invernadero alcanzando niveles históricos se requiere una acción urgente y efectiva para mitigar sus impactos (IPCC, 2021). La inteligencia artificial (IA), gracias a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos y aprender de patrones complejos se postula como una herramienta prometedora en

la lucha contra el cambio climático (Rolnick et al., 2019). A través de aplicaciones en modelado climático, optimización de recursos y análisis de datos, la IA ofrece oportunidades para mejorar la eficiencia y efectividad de las estrategias de mitigación y adaptación.

Sin embargo, la implementación de soluciones basadas en IA también presenta desafíos importantes, incluyendo preocupaciones éticas, sesgos en los datos y la desigualdad en el acceso a tecnologías avanzadas (Arguelles & Amaro, 2023), que podrían limitar su efectividad en abordar problemas complejos como el cambio climático, lo que hace fundamental explorar tanto las oportunidades como los desafíos que plantea en este contexto. Estas consideraciones son cruciales para garantizar que las soluciones tecnológicas beneficien a todas las comunidades y no extiendan las desigualdades existentes.

Resulta esencial analizar críticamente su impacto y promover un debate informado sobre la necesidad de una regulación que garantice su uso responsable y efectivo en la consecución de los objetivos de sustentabilidad. Este estudio tiene como objetivo analizar el impacto transversal de la IA en la lucha contra el cambio climático, explorando sus aplicaciones en diversos sectores así como los desafíos y consideraciones éticas que surgen de su uso, para finalmente discutir la importancia crucial de establecer un marco regulatorio que maximice sus beneficios y minimice sus riesgos potenciales.

1. Usos de la IA en la mitigación del cambio climático

La inteligencia artificial (IA) se define como la simulación de procesos de inteligencia humana en sistemas informáticos, abarcando el aprendizaje con la adquisición de información y reglas, el razonamiento tras el uso de dichas reglas para obtener conclusiones, y la autocorrección (Russell & Norvig, 2021). Dentro de la IA destacan el aprendizaje automático (máquinas aprendiendo de datos sin programación explícita) y el aprendizaje profundo que emplea redes neuronales artificiales de múltiples capas para modelar relaciones complejas en los datos (Stone et al., 2016).

El desarrollo del aprendizaje automático y profundo ha impulsado una rápida expansión de la IA en las últimas décadas, especialmente a partir de los avances en redes neuronales artificiales recientemente transformando diversos sectores de la sociedad. Su capacidad para analizar y aprender de grandes volúmenes de datos, identificar patrones complejos y desarrollar modelos predictivos para la toma de decisiones informadas la convierte en una herramienta poderosa para abordar desafíos globales, como la crisis ambiental. Investigaciones recientes sugieren que trabajar con algoritmos de aprendizaje automático pueden mejorar significativamente la precisión de los modelos climáticos, per-

mitiando una mejor planificación y respuesta ante fenómenos extremos (Slater et al., 2023).

Un ejemplo es la implementación de sistemas de IA en la gestión de recursos hídricos, que ha demostrado aumentar la eficiencia y reducir el desperdicio (Krishnan et al., 2022). Estos modelos también han demostrado ser más precisos que los métodos tradicionales en la predicción de eventos climáticos severos, lo que podría resultar en una reducción significativa de daños y pérdidas económicas (Hastie, 2009). A continuación, se presentan algunas de las aplicaciones más destacadas de la IA en la mitigación de los efectos del cambio climático.

Modelado y predicción climática

Los modelos climáticos son esenciales para predecir los efectos futuros del cambio climático y evaluar la efectividad de las estrategias de mitigación. La IA, particularmente el aprendizaje automático, ha mejorado la precisión de estos modelos al permitir la identificación de patrones complejos en los datos climáticos (Baldeón et al., 2023). Por ejemplo, se han desarrollado algoritmos que integran datos estadísticos históricos y actuales para prever eventos climáticos extremos como ciclones y vórtices polares (Rivière et al., 2024), lo que permite una mejor planificación y gestión de recursos.

Estudios recientes han demostrado que el uso de redes neuronales en el modelado del cambio climático puede superar, en ciertas circunstancias, la precisión de los modelos tradicionales, ofreciendo estimaciones más fiables sobre la temperatura y precipitación futuras (Fuentes et al., 2020). Esto es crucial para la formulación de políticas ambientales efectivas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero.

Gestión de riesgos meteorológicos

Los sistemas de IA se pueden entrenar para detectar elementos anómalos que afectan la precisión de las predicciones meteorológicas (Ramírez et al., 2017), y con ello pueden ayudar a gestionar los riesgos asociados con desastres naturales buscando la reducción de daños y pérdidas humanas (Wang et al., 2015). Los modelos predictivos de aprendizaje automático tienen también el potencial de anticipar y administrar fenómenos meteorológicos, y hay estudios que confirman la eficacia de los sistemas de alerta temprana (Martínez, 2024). Estas tecnologías permiten una respuesta más rápida y coordinada ante emergencias climáticas.

Gestión y monitoreo de recursos naturales

El empleo de la IA para mejorar la gestión de recursos naturales es crucial para la mitigación del cambio climático. Los sistemas basados en IA que integran datos satelitales y sensores terrestres permiten realizar un seguimiento en tiempo real de cambios en el medio ambiente como la deforestación, preservación de la biodiversidad, conservación hídrica y mitigación

del cambio climático (Julca, 2024). Estos sistemas proporcionan información pertinente para la gestión sostenible de recursos, facilitando a los gobiernos la toma de decisiones informadas.

Asimismo, la IA se aplica en la gestión de residuos ayudando a predecir y optimizar rutas de recolección, aumentar las tasas de reciclaje y reducir el impacto ambiental (Yáñez & Benavides, 2024), lo que contribuye a la reducción de emisiones durante el transporte. Esta optimización no solo puede mejorar la eficiencia operativa de recursos económicos y humanos, sino que también promueve prácticas de economía circular al facilitar el reciclaje y la reutilización de materiales.

Eficiencia energética

La IA también juega un papel fundamental en la mejora de la eficiencia energética, lo que contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de carbono. El uso de aplicaciones de IA en la optimización del consumo energético en edificios ha mostrado resultados positivos. Por ejemplo, el uso de algoritmos para gestionar sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) permite una reducción del consumo energético de hasta un 20% al 40% dependiendo de la metodología aplicada y del campo donde se aplica (Serale et al., 2018), concluyendo que los modelos de control predictivo (MPC) no solo disminuyen las emisiones, sino que también generan ahorros económicos para los usuarios sin sacrificar el confort térmico.

Además, la integración de la IA en redes eléctricas inteligentes de distribución (REID) o Smart Grids facilita la gestión de la demanda energética al permitir un control y monitorización del consumo eléctrico, así como el aprovechamiento de fuentes de energía renovables como la solar y la eólica (Lara et al., 2024). Estas tecnologías permiten equilibrar la oferta y la demanda en tiempo real, disminuyendo el desecho de energía, maximizando el uso de energía limpia renovable (Ramírez et al., 2024) y minimizando la dependencia de fuentes fósiles (Sánchez et al., 2018).

Planificación urbana

La IA también se está utilizando en la planificación urbana para hacer frente a los efectos del cambio climático como inundaciones, olas de calor y escasez de bienes y alimentos al implementar medidas de adaptación, como la mejora de sistemas de drenaje y la creación de espacios verdes para mitigar las islas de calor. Además de la optimización de recursos y disminución de consumo de energía, la IA puede también reducir la congestión del transporte terrestre reduciendo las emisiones de CO₂ (Julca, 2024).

Agricultura resiliente

La agricultura es uno de los sectores más afectados por el cambio climático, donde la IA coadyuva en el desarrollo prácticas agrícolas más resilientes. Las tecnologías de IA, como

los sistemas de información geográfica (SIG) y los modelos predictivos permiten a los agricultores adaptar sus cultivos y prácticas agrícolas en función de las condiciones climáticas cambiantes, logrando una optimización de recursos y reducción en el impacto ambiental (Patiño et al., 2023). Estudios han demostrado que el uso de IA en la agricultura de precisión puede optimizar el uso de insumos como agua y fertilizantes, mejorando la resiliencia de los cultivos ante condiciones climáticas adversas no solo reduciendo los costos, sino también la huella de carbono asociada a la producción agrícola (Hernández-Salazar et al., 2024). Mediante el análisis de datos de satélites y sensores en el campo, los agricultores pueden tomar decisiones informadas sobre la irrigación y la fertilización, lo que resulta en prácticas más sostenibles.

Un ejemplo es la implementación de sistemas de riego inteligente, que utilizan algoritmos para ajustar la cantidad de agua según las condiciones del suelo y el clima, mejorando la salud y el rendimiento de los cultivos a través de sensores de humedad, sistemas de riego automatizado y estaciones meteorológicas, lo que ha mostrado una reducción significativa en el consumo de agua y un aumento en el rendimiento de los cultivos (Torres et al., 2024).

2. Problemas inherentes al uso de la IA

Al analizar la variedad de herramientas y enfoques que tiene la IA para contribuir en diversas áreas como el cambio climático, es también esencial contemplar el costo de obtener esos beneficios. La implementación de soluciones basadas en IA conlleva una serie de consideraciones energéticas y éticas que merecen un escrutinio cuidadoso.

2.1. Alto consumo energético

La preocupación por el alto consumo energético de los centros de datos o datacenters que sustentan aplicaciones de IA es ampliamente documentada. Estas instalaciones alojan miles de servidores que funcionan constantemente para procesar y almacenar los datos de aplicaciones intensivas en computación, como los chatbots y modelos de IA. Los modelos avanzados de IA requieren una enorme cantidad de cálculos para entrenarse y responder. Esto se traduce en un uso intensivo de unidades de procesamiento gráfico (GPU) o unidades de procesamiento tensorial (TPU), que generan una alta demanda de energía (Caspart et al., 2022).

Aunado a ello, el calor generado por los servidores necesita disiparse para evitar fallos, lo que obliga a utilizar sistemas de refrigeración que, en algunos centros de datos, la energía para enfriar puede representar hasta un 40% del total de energía consumida (Zhang et al., 2017). Diversos estudios reportan que en países como China, en un centro de datos típico un 80% de la electricidad es consumida por los servidores y el equi-

pos de enfriamiento, y en general dicha industria en ese país es alimentada un 73% por carbón, emitiendo cientos de millones de toneladas de CO₂ al año (Greenpeace, 2019).

A medida que aumenta la demanda de IA y la complejidad de los modelos, se requiere más infraestructura para mantener la velocidad y precisión en las respuestas, lo que significa más servidores y más energía para mantenerlos. El impacto ambiental es considerable. Las estimaciones actuales sugieren que los centros de datos representan alrededor del 1% del consumo mundial de electricidad (Masanet et al., 2020) y que esa cifra sigue en aumento, lo que ha provocado que en algunos países se pausen nuevos contratos para centros de datos debido al aumento de las solicitudes, ya que en ciertas regiones este aumento en el consumo eléctrico puede hacer más complicado alcanzar sus objetivos climáticos. (IEA, 2024).

Como contraparte, empresas tecnológicas como DeepMind (propiedad de Google) han desarrollado sistemas de IA que logran reducir el consumo de energía de sus propios centros de datos al optimizar el flujo de trabajo y ajustar la refrigeración automáticamente. Estos logros han sido documentados en publicaciones y comunicados oficiales de la empresa (Evans & Gao, 2016).

2.2. Aspectos éticos vinculados a su desarrollo

Considerar y asegurar un uso ético es crucial para garantizar que las soluciones basadas en IA no perpetúen desigualdades sociales o ambientales, fenómenos que evidencian la necesidad de una regulación global. Las preocupaciones éticas sobre su desarrollo abarcan temas desde la privacidad y el sesgo, hasta el impacto ambiental.

2.2.1. Privacidad y protección de datos

Dentro del enorme volumen de datos de los que la IA depende para su entrenamiento, muchos incluyen información personal y sensible. Sin regulaciones adecuadas, los desarrolladores de IA pueden recopilar y almacenar datos sin el consentimiento explícito de los usuarios, poniendo en riesgo la privacidad y la seguridad. Incluso algunos individuos otorgan consentimiento para el manejo de sus datos, pero por la falta de transparencia o claridad en sus políticas pueden no saber cómo y dónde se usan, lo que plantea preocupaciones de privacidad significativas (Floridi et al., 2018).

2.2.2. Sesgos algorítmicos y discriminación

Si los modelos de IA son entrenados con datos limitados o sesgados pueden intensificar, o incluso perpetuar, la discriminación sistemática de género, étnica y sesgos culturales (Zou & Schiebinger, 2018). Al no existir regulaciones claras es difícil garantizar que los modelos se diseñen y entrenen de manera ética y equitativa. Esto tiene implicaciones pro-

fundas para la equidad social, ya que modelos sesgados pueden influir en decisiones en sectores como el empleo y la justicia afectando a minorías y comunidades desfavorecidas.

2.2.3. Responsabilidad jurídica

Sin un marco regulatorio, es difícil atribuir la responsabilidad cuando los modelos de IA causan daños. Por una parte, los desarrolladores pueden eludir la responsabilidad de los errores u omisiones de la IA, y en otros el usuario final deslinda la responsabilidad al producto. Las características específicas de estas tecnologías y sus aplicaciones – incluyendo su complejidad, modificación a través de actualizaciones, autoaprendizaje durante su operación, limitada predictibilidad y vulnerabilidad a amenazas de ciberseguridad – hace más complicado para las víctimas exigir una compensación en todos los casos en que esto es justificado. (European Commission, 2019).

3. Regulación y gobernanza de la IA

Como ya se mencionó, los modelos de IA, especialmente aquellos de gran tamaño y complejidad, pueden resultar en prácticas que dañen tanto al medio ambiente como a las personas, por lo que es fundamental desarrollar políticas que regulen a estos sistemas y que aseguren que sean justos, transparentes y responsables, que eviten los sesgos y que contribuyan a un futuro más sostenible. Sin regulaciones claras, las empresas podrían establecer centros de datos con altos consumos energéticos en países con costos más bajos pero con redes menos sostenibles, generando un impacto ambiental desproporcionado. También existe la posibilidad de que los desarrolladores de IA prioricen el rendimiento sobre la eficiencia (Shomit, 2024), aumentando las emisiones de carbono por lo que es necesario establecer políticas y reglas con respecto a su implementación y uso.

La gobernanza de los modelos de IA se encuentra en un estado de desarrollo dinámico a nivel global, donde los gobiernos y las organizaciones internacionales intentan equilibrar la innovación tecnológica con la necesidad de proteger los derechos de los ciudadanos y lograr un desarrollo sostenible (Julca, 2024). Actualmente, existen algunos marcos regulatorios emergentes, así como directrices éticas que guían el desarrollo y uso de la IA, sin embargo, las leyes y regulaciones específicas son escasas, y hay diferencias en la adopción y aplicación entre regiones, incluido México.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) publicó en 2019 los Principios de IA de la OCDE¹, un conjunto de recomendaciones que promueven el uso responsable de la IA. Entre estos principios, se incluye la transparencia, la rendición de cuentas, la sostenibilidad y el uso de IA en beneficio de la humanidad y el medio ambiente. Aunque no son vinculantes, varios países miembros de la OCDE, incluido México, han comenzado a adoptar estos principios como referencia en sus políticas de IA (OECD, 2024).

¹ Actualizado en mayo de 2024

La Unión Europea (UE) ha sido pionera en el desarrollo de normas para regular la IA. En 2021, presentó la Ley de Inteligencia Artificial² (AI Act), la primera propuesta a nivel mundial que buscaba regular la IA en función del riesgo. Esta ley clasifica las aplicaciones de IA en cuatro niveles de riesgo (mínimo, limitado, alto e inaceptable) y propone reglas más estrictas para aquellos casos de alto riesgo, como aplicaciones de IA en salud, justicia y seguridad pública. Esta regulación promueve la transparencia y el respeto a los derechos humanos, y también incorpora elementos de sostenibilidad al restringir tecnologías con un alto impacto energético (Comisión Europea, 2021).

En 2021 la UNESCO aprobó una Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial, que aboga por una gobernanza ética, basada en el respeto a los derechos humanos y la promoción de la sostenibilidad. La UNESCO enfatiza el impacto ambiental y recomienda políticas que reduzcan la huella de carbono de los sistemas de IA, promoviendo el uso de energías renovables en centros de datos y optimización energética en el desarrollo de IA (UNESCO, 2021).

Gobernanza y Regulación de la IA en México

En México, la regulación de la IA aún es incipiente y se centra principalmente en iniciativas y recomendaciones. México ha adoptado los Principios de la OCDE para la IA y participa en varios foros internacionales, pero hasta la fecha no cuenta con una legislación específica para regular la IA. Algunos aspectos de la IA se rigen indirectamente a través de leyes generales de protección de datos como la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares, así como los Derechos Humanos.

Por su parte, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y otras entidades han trabajado en recomendaciones y guías para la ética de la IA, destacando la necesidad de abordar la transparencia y los posibles sesgos de la IA, sin embargo, no existen actualmente leyes nacionales específicas. En 2018 fue lanzada la Estrategia de Inteligencia Artificial de México 2018, también llamada Estrategia IA-MX, que establece una hoja de ruta para el desarrollo de acciones que incluye un marco de gobernanza, aunque a la fecha su implementación ha sido limitada (Giles, 2023).

Conclusiones

El cambio climático es un desafío a nivel global, afectando ecosistemas, economías y sociedades enteras, donde el uso de la inteligencia artificial se presenta como una herramienta útil y efectiva para aminorar sus impactos a través de aplicaciones de modelado climático, gestión y optimización de recursos, entre otros que permiten mejorar la eficiencia y efectividad de las estrategias de mitigación y adaptación. Sin embargo, esta im-

² Establecida como ley en el Parlamento Europeo en julio de 2024

plementación presenta en contraparte desafíos importantes que incluyen su alto consumo energético y las preocupaciones éticas adheridas a su uso como el manejo de información sensible, sesgos en los datos y la dificultad de deslindar responsabilidades cuando causan daños.

Resulta esencial analizar críticamente su impacto y promover un debate informado sobre la necesidad de una regulación que garantice su uso responsable y efectivo en la consecución de los objetivos de sustentabilidad. La integración de la IA en estrategias de adaptación climática debe hacerse de manera inclusiva para maximizar sus beneficios y reducir las desigualdades, siempre considerando las implicaciones éticas y sociales que conllevan.

En términos de gobernanza es preocupante el estado actual de las leyes y regulaciones hacia la IA, las cuales son escasas, vagas y/o carecen del apoyo necesario para imponerse. Es necesario que los gobiernos identifiquen los beneficios y desafíos asociados a esta implementación, creando un marco legal pertinente sustentado en la evaluación integral sobre la efectividad y sostenibilidad de las aplicaciones de IA considerando el ámbito ambiental.

La falta de regulación efectiva y la adopción desigual de normas pueden llevar a una explotación excesiva de los recursos y un aumento de la huella de carbono, especialmente en países con infraestructura energética limitada o basada en su mayor parte en combustibles fósiles, como México. Para mitigar la huella energética que genera la implementación de la IA se pueden efectuar diversas acciones que podrían ser objeto de legislación adaptadas al contexto de cada país:

- Fomentar centros de datos ecológicos neutros en carbono y que utilicen energía renovable, principalmente los ubicados en regiones con climas fríos para reducir las necesidades de refrigeración.
- Desarrollar estándares de eficiencia energética para algoritmos, incentivando soluciones que requieran menos recursos computacionales, promovidos con incentivos fiscales para quienes cumplan las métricas de dichos estándares.
- Destinar fondos a la investigación y desarrollo de tecnologías de enfriamiento innovadoras, como el uso de agua de mar o energía geotérmica.
- Promover la colaboración intersectorial para establecer un marco regulatorio integral que aborde el impacto energético de la IA de manera coordinada con un enfoque global y colaborativo entre las empresas tecnológicas, los gobiernos y los usuarios.

Los desafíos éticos que el avance de la IA plantea tampoco pueden ser ignorados. La gestión de información sensible requiere marcos regulatorios sólidos que garanticen la privacidad y la seguridad de los datos. Asimismo, la mitigación de sesgos en los algoritmos es esencial para evitar la reproducción de desigualdades sistémicas. Es necesario también definir me-

canismos legales de rendición de cuentas para asignar responsabilidades en caso de daños.

Los gobiernos y organizaciones internacionales tienen el deber de legislar para poder equilibrar la innovación tecnológica con la necesidad de proteger los derechos universales de los ciudadanos y lograr un desarrollo sostenible. Regular la IA no debe implicar un freno a la innovación, sino un medio que también asegure su desarrollo de manera equitativa, transparente y segura para la sociedad a través de una supervisión efectiva que se comprometa a que sus avances tecnológicos no agraven los problemas existentes o generen nuevos aún no concebidos.

Referencias

- Arguelles Toache, E., & Amaro Rosales, M. (2023). Preocupaciones éticas en el uso de inteligencia artificial, transparencia y derecho de acceso a la información. El caso de los chatbots en el gobierno de México, en el contexto de la COVID-19. *Estudios en derecho a la información*, (15), 85-111.
- Baldeón, B. F., Pulache, D. Q., & Claudio, B. M. (2023). Machine Learning for predicting climate change in the environment. *Salud, Ciencia y Tecnología-Serie de Conferencias*, (2), 242. <https://doi.org/10.56294/sctconf2023465>
- Caspart, R., Ziegler, S., Weyrauch, A., Obermaier, H., Raffener, S., Schuhmacher, L. P., ... & Debus, C. (2022). Precise energy consumption measurements of heterogeneous artificial intelligence workloads. In *International Conference on High Performance Computing* (pp. 108-121). Cham: Springer International Publishing. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.01698>
- Comisión Europea. (2021). Propuesta de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas armonizadas en materia de inteligencia artificial (ley de inteligencia artificial) y se modifican determinados actos legislativos de la unión. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0206>
- European Commission: Directorate-General for Justice and Consumers. (2019). Liability for artificial intelligence and other emerging digital technologies. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2838/573689>.
- Evans, R., & Gao, J. (2016). DeepMind AI Reduces Google Data Centre Cooling Bill by 40%. Obtenido de <https://deepmind.google/discover/blog/deepmind-ai-reduces-google-data-centre-cooling-bill-by-40/> [24 de noviembre de 2024].
- Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., ... & Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines*, 28, 689-707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- Fuentes, A., Sierra, M., & Morfa, Y. (2020). Corrección del pronóstico cuantitativo de la precipitación mediante el uso de redes neuronales. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(3). <http://ref.scielo.org/mpfp73> [26 de noviembre de 2024].
- Giles Navarro, C. A. (2023). El uso de la Inteligencia Artificial (IA) en el Poder Legislativo. Ins-

tituto Belisario Domínguez del Senado de la República. Dirección General de Difusión y Publicaciones. Número: 185. Obtenido de <http://bibliodigitalibd.senado.gob.mx/handle/123456789/5955>

- Greenpeace. (2019). Powering the Cloud: How China's Internet Industry Can Shift to Renewable Energy. https://www.greenpeace.org/static/planet4-eastasia-stateless/2019/11/7b-fe9069-7bfe9069-powering-the-cloud_-_english-briefing.pdf [3 de diciembre de 2024].
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (2nd ed.). Springer.
- Hernández-Salazar, C. A., Estrada, O. A. G., & González-Silva, G. (2024). Integración de la inteligencia artificial y la agricultura de precisión en cultivos de café. *Revista UIS Ingenierías*, 23(4), 145. <https://doi.org/10.18273/revuin.v23n4-2024012>
- IEA (2024), What the data centre and AI boom could mean for the energy sector, International Energy Agency, Paris. <https://www.iea.org/commentaries/what-the-data-centre-and-ai-boom-could-mean-for-the-energy-sector>. [19 de noviembre de 2024].
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>
- Julca, M. R., Hernández, V. D. H., Céspedes, P. A. S., & Salvador, J. L. B. (2024). Inteligencia artificial y desarrollo sostenible. Visión general y experiencias concretas: Gestión del tráfico, agricultura sostenible con IA y gestión de recursos naturales. *Clío. Revista de Historia, Ciencias Humanas y Pensamiento Crítico.*, (8), 290-305. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12600298>
- Krishnan, S. R., Nallakaruppan, M. K., Chengoden, R., Koppu, S., Iyapparaja, M., Sadhasivam, J., & Sethuraman, S. (2022). Smart water resource management using Artificial Intelligence—A review. *Sustainability*, 14(20), 13384. <https://doi.org/10.3390/su142013384>
- Lara, J., Samper, M., & Colomé, G. (2024). Predicción a corto plazo de sistemas de medición inteligentes mediante arquitecturas de aprendizaje profundo multivariable y multipaso. *Revista Técnica" energía"*, 21(1), 153-164.
- Martínez, C. R. M. (2024). Comparación de algoritmos de inteligencia artificial para la alerta temprana de inundaciones urbanas. Congreso Internacional de Investigación e Innovación Multidisciplinario 2024.
- 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>
- OECD. (2024). Recommendation of the Council on Artificial Intelligence (OECD). *International legal materials*, 59(1), 27-34. <https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>
- Patiño, J. F. H., Carrascal, B. L. V., Bautista, D. R., & Díaz, N. G. (2023). Impacto transformador

de la inteligencia artificial y aprendizaje autónomo en la producción agropecuaria: un enfoque en la sostenibilidad y eficiencia. *Formación Estratégica*, 7(1), 40-55.

- Posadinu, E. (2023). *Inteligencia artificial para la prevención de desastres naturales y resolución de problemas ambientales. Un estudio aplicado al archipiélago canario* [Tesis de master, Universitat Oberta de Catalunya]. <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/147672> [11 de diciembre de 2024].
- Ramírez, M. D. R., Benavídes, C. A. M., & Barráez, C. E. G. (2017). Redes neuronales en la predicción de micro-clima, zona de estudio La Hechicera Mérida, Venezuela. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 11(2), 47-61.
- Rivière, G., Delanoë, J., Doyle, J. D., Methven, J., Barrell, C., Fearon, M., ... & Wang, X. (2024). The THINICE field campaign: Interactions between arctic cyclones, tropopause polar vortices, clouds, and sea ice in summer. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 105(12), E2330-E2354. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-23-0143.1>
- Rolnick, D., Donti, P. L., Kaack, L. H., & L. J. (2019). Tackling Climate Change with Machine Learning. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 21(2), 1-4. <https://doi.org/10.1145/3485128>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson Education Limited.
- Sánchez de la Cruz, J. D., Balderramo Vélez, N. R., Llosas Albuérne, Y., & Pico Mera, G. E. (2018). Trascendencia de la generación distribuida (GD) y el uso de las redes inteligentes. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT*, 3(2), 1625. <https://doi.org/10.33936/riemat.v3i2.1625>
- Satish, M., Babu, S. M., Kumar, P. P., Devi, S., & Reddy, K. P. (2023, October). Artificial Intelligence (AI) and the Prediction of Climate Change Impacts. In *2023 IEEE 5th International Conference on Cybernetics, Cognition and Machine Learning Applications (ICCCMLA)* (pp. 660-664). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCCMLA58983.2023.10346636>
- Serale, G., Fiorentini, M., Capozzoli, A., Bernardini, D., & Bemporad, A. (2018). Model predictive control (MPC) for enhancing building and HVAC system energy efficiency: Problem formulation, applications and opportunities. *Energies*, 11(3), 631. <https://doi.org/10.3390/en11030631>
- Slater, L. J., Arnal, L., Boucher, M.-A., Chang, A. Y.-Y., Moulds, S., Murphy, C., Nearing, G., Shalev, G., Shen, C., Speight, L., Villarini, G., Wilby, R. L., Wood, A., and Zappa, M. (2023). Hybrid forecasting: blending climate predictions with AI models, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 27, 1865–1889, <https://doi.org/10.5194/hess-27-1865-2023>
- Stone, P., Littman, M. L., Eaton, E., Horvitz, E., Keutzer, K., Letchner, S., & Mitchell, T. (2016). *Artificial intelligence and life in 2030: One hundred year study on artificial intelligence: Report of the 2015-2016 study panel*. Stanford University. <http://ai100.stanford.edu/2016-report> [6 de diciembre de 2024].
- Torres, I. A. G., León, R. E. C., Espín, W. R. N., & Andrade, J. G. V. (2024). El Uso de la Inteli-

gencia Artificial en un Invernadero. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 910-930. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12331

UNESCO. (2021). Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_spa [10 de noviembre de 2024].

Wang, Z., Lai, C., Chen, X., Yang, B., Zhao, S., & Bai, X. (2015). Flood hazard risk assessment model based on random forest. *Journal of Hydrology*, 527, 1130-1141. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.06.008>

Yáñez, J. M. S., & Benavides, L. M. (2024). Gestión de residuos sólidos y la inteligencia artificial en el contexto mexicano. *Ciencia Nicolaita*, (90). <https://doi.org/10.35830/cn.vi91.722>

Zhang, X., Lindberg, T., Xiong, N., Vyatkin, V., & Mousavi, A. (2017). Cooling energy consumption investigation of data center IT room with vertical placed server. *Energy procedia*, 105, 2047-2052. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.581>

Zou, J., & Schiebinger, L. (2018). AI can be sexist and racist—It's time to make it fair. *Nature*, 559(7714), 324-326. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05707-8>