

Tecnologías Emergentes y Gestión Ambiental: Inteligencia Artificial y su Rol en la Conservación Frente a la Crisis Ecológica Global

Emerging Technologies and Environmental Management: The Role of Artificial Intelligence in Conservation

Ricardo M. Candanedo Yau

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Panamá Este, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación. Panamá
ricardo.candanedo@up.c.pa <https://orcid.org/0009-0002-5017-9830>

Recepción: 2 de septiembre de 2025

Aprobación: 30 de septiembre de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v6n1.8159>

Resumen

Analizar el papel de las tecnologías emergentes, especialmente la inteligencia artificial (IA), en la gestión ambiental y su contribución a la conservación de los ecosistemas y los recursos naturales frente a la crisis ecológica global.

Se realizó una revisión bibliográfica sistemática de investigaciones recientes sobre la aplicación de la inteligencia artificial (IA) en el monitoreo de la biodiversidad, la detección temprana de desastres ambientales y el apoyo a la toma de decisiones en políticas de sostenibilidad. Se incluyeron estudios de caso en diversas regiones para identificar patrones, beneficios y limitaciones de estas herramientas tecnológicas. Las soluciones basadas en inteligencia artificial (IA) permiten optimizar la recopilación y análisis de datos ambientales en tiempo real, mejorar la precisión de los sistemas predictivos y reducir los tiempos de respuesta frente a amenazas ecológicas. Se evidenció un aumento en la eficiencia de los programas de conservación y una mayor capacidad de anticipación ante fenómenos asociados al cambio climático. La incorporación de la inteligencia artificial (IA) en la gestión ambiental constituye un avance significativo hacia modelos de conservación más proactivos y sostenibles. Su implementación requiere marcos éticos y regulatorios que garanticen el uso responsable de los datos y la inclusión de comunidades locales en los procesos de toma de decisiones.

Palabras clave: gestión ambiental, inteligencia artificial, sostenibilidad, tecnologías emergentes, conservación, cambio climático

Abstract

To analyze the role of emerging technologies, particularly artificial intelligence (AI), in environmental management and their contribution to ecosystem and natural resource conservation amid the global ecological crisis. A systematic literature review of recent research on artificial intelligence (AI) applications in biodiversity monitoring, early detection of environmental disasters, and decision-making support for sustainability policies was conducted. Case studies from various regions were included to identify patterns, benefits, and limitations of these technological tools. AI-based solutions optimize real-time environmental data collection and analysis, improve predictive system accuracy, and reduce response times to ecological threats. An increase in conservation program efficiency and improved anticipation of climate change-related phenomena were observed. Integrating artificial intelligence (AI) into environmental management represents a significant step toward proactive and sustainable conservation models. Implementation requires ethical and regulatory frameworks to ensure responsible data use and local community involvement in decision-making processes.

Keywords: environmental management, artificial intelligence, sustainability, emerging technologies, conservation, climate change

INTRODUCCIÓN

La crisis ambiental global representa uno de los desafíos más complejos del siglo XXI. La acelerada degradación de los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad, el agotamiento de los recursos naturales y el impacto creciente del cambio climático exigen soluciones innovadoras y eficaces para garantizar la sostenibilidad planetaria. En este contexto, la gestión ambiental se configura como un eje estratégico, integrando políticas, prácticas y tecnologías emergentes que permiten prevenir, mitigar y revertir los daños ocasionados por las actividades humanas.

La gestión ambiental en la era digital requiere integrar tecnologías emergentes que permitan abordar los retos del cambio climático y la pérdida de biodiversidad de manera más eficaz. La inteligencia artificial (IA), el internet de las cosas (IoT), el blockchain y el big data representan innovaciones que han transformado la capacidad de los gobiernos y las organizaciones para anticipar riesgos, optimizar recursos y diseñar políticas sostenibles (UNEP, 2023). Estas herramientas pueden cumplir funciones preventivas, predictivas y correctivas en ámbitos como la gestión de residuos, la conservación de ecosistemas y la reducción de emisiones contaminantes. Según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), la última década ha evidenciado un aumento sin precedentes en fenómenos climáticos extremos, lo que ha impulsado la búsqueda de soluciones tecnológicas con base científica. En este contexto, comprender el papel de la inteligencia artificial (IA) y otras tecnologías innovadoras se vuelve indispensable para plantear estrategias de sostenibilidad efectivas (Zhu, Wang, & Chen, 2024).

La aplicación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la gestión ambiental es un campo en rápida expansión. Tecnologías como el Internet de las cosas (IoT) permiten la recolección masiva de datos en tiempo real a través de sensores distribuidos en el entorno, proporcionando información invaluable para la monitorización de la calidad del aire y del agua, el seguimiento de la fauna silvestre y la detección temprana de eventos catastróficos, como los incendios forestales (Castaño & Villalba, 2023). Por ejemplo, los sensores del Internet de las Cosas (IoT) pueden alertar a las autoridades sobre cambios en los niveles de contaminación o la presencia de humo en áreas remotas, lo que facilita una respuesta más rápida y eficiente. Además, la combinación del Internet de las Cosas (IoT) con el blockchain ha mostrado ser prometedora en la trazabilidad de las cadenas de suministro sostenibles y la certificación de productos ecológicos, ya que asegura la integridad y transparencia de los datos (Kaur & Singh, 2023; Li, Wang, & Li, 2023). Además de la inteligencia artificial (IA), el espectro de las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en la gestión ambiental incluye sistemas de información geográfica (SIG), plataformas

de ciencia ciudadana y aplicaciones móviles, que permiten la participación directa de la sociedad en la recopilación de datos ambientales y en la toma de decisiones colectivas (Badii, Uden, & Al-Sarray, 2022). Estas herramientas fortalecen la gobernanza ambiental digital, promueven la transparencia en la gestión de recursos y mejoran la interacción entre comunidades, gobiernos y organismos internacionales.

El Big Data, por su parte, complementa a la inteligencia artificial (IA) al manejar los inmensos volúmenes de datos generados por el Internet de las Cosas (IoT) y otras fuentes (Hinojosa & Valdés, 2024). La capacidad de analizar grandes conjuntos de datos geoespaciales y climáticos permite a los investigadores identificar patrones complejos y proyecciones a largo plazo. Por ejemplo, el análisis de datos masivos puede ayudar a modelar el impacto del cambio climático en los ecosistemas y predecir la propagación de enfermedades o la migración de especies (Liu et al., 2022). Esto es fundamental para la planificación de políticas públicas y la toma de decisiones basadas en evidencia.

Entre estas tecnologías, la inteligencia artificial (IA) destaca por su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos, generar modelos predictivos y brindar soporte en la toma de decisiones basadas en evidencia (UNEP, 2023; González & López, 2021). Su aplicación en la monitorización de la biodiversidad, la modelización climática, la detección de patrones de contaminación y la gestión de riesgos ambientales ha demostrado resultados prometedores, reduciendo tiempos de respuesta y aumentando la eficacia de las intervenciones (Liu et al., 2022). Un ejemplo notorio es el uso de algoritmos de aprendizaje automático para identificar patrones de migración de especies o la propagación de enfermedades en ecosistemas (IUCN, 2023). La inteligencia artificial explicable (XAI), además, está emergiendo como un campo clave para asegurar que los modelos sean transparentes y comprensibles, lo que es vital para la confianza en la toma de decisiones ambientales (Arrieta, Díaz-Rodríguez, & Ser, 2022).

No obstante, la implementación de estas tecnologías enfrenta desafíos éticos y técnicos, como la privacidad de los datos, la equidad en el acceso y la dependencia tecnológica. A pesar de

su potencial, la integración efectiva de la inteligencia artificial (IA) y otras Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en políticas ambientales aún presenta brechas que limitan su impacto a nivel local y global. La falta de infraestructura digital robusta en países en desarrollo, así como los riesgos de sesgos algorítmicos que podrían discriminar a ciertas comunidades, son temas que requieren una atención urgente (Pérez & Ramírez, 2020). Además, es crucial considerar el propio impacto ambiental de la inteligencia artificial (IA), ya que el entrenamiento de modelos complejos consume grandes cantidades de energía y recursos.

El objetivo de este artículo es analizar el papel de la inteligencia artificial (IA) y otras tecnologías emergentes en la gestión ambiental, resaltando sus aplicaciones, beneficios observados y los desafíos que deben superarse para garantizar su implementación sostenible y responsable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión bibliográfica sistemática con el objetivo de identificar, analizar y sintetizar la literatura científica reciente sobre tecnologías emergentes aplicadas a la gestión ambiental, con un énfasis particular en la inteligencia artificial (IA). La búsqueda se llevó a cabo entre mayo y julio de 2025 en bases de datos científicas de renombre como Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Google Scholar. Se incluyeron artículos publicados entre 2018 y 2025 en revistas indexadas y con revisión por pares, priorizando aquellos que presentaban evidencia empírica, estudios de caso o revisiones sistemáticas.

Para la inclusión de un estudio, se consideró fundamental que hiciera uso de la inteligencia artificial (IA) para el monitoreo, análisis predictivo o la toma de decisiones en el ámbito ambiental. Además, se requería que el documento presentara evidencia, ya fuera cuantitativa o cualitativa, que demostrara el impacto de esta tecnología en programas de conservación o sostenibilidad (Arrieta et al., 2022). Finalmente, se exigió que la información metodológica

fuera lo suficientemente detallada para que un tercero pudiera evaluar la validez y replicabilidad del estudio.

En cuanto a los criterios de exclusión, se descartaron todas las publicaciones cuyo acceso no fuera completo, así como los contenidos de divulgación que carecieran de un soporte científico riguroso. De igual manera, se excluyeron los estudios que presentaban metodologías no replicables, ya que esto impedía verificar sus resultados de manera independiente.

El proceso de selección se realizó en tres fases: una primera lectura de títulos y resúmenes para una preselección; una segunda fase de revisión completa de los documentos preseleccionados; y, finalmente, la extracción de los datos relevantes. La información obtenida se organizó en tablas de síntesis para facilitar su análisis.

La búsqueda inicial arrojó un total de 108 artículos. De estos, se eliminaron 72 por no cumplir con los criterios de relevancia temática o por estar duplicados. Posteriormente, 23 trabajos fueron descartados por carecer de rigor metodológico o por no centrarse en aplicaciones tecnológicas vinculadas a la gestión ambiental. Finalmente, se seleccionaron 13 documentos que cumplieran con los estándares establecidos para la revisión. Además, se incorporaron fuentes grises de alta relevancia, como informes de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2023) y del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2023), debido a su aporte en la definición de políticas públicas globales.

Tabla 1.

Aplicaciones de Inteligencia Artificial (IA) en la Gestión Ambiental.

Aplicación	Región	Datos de Uso (%)	Impacto en Precisión (%)
Monitoreo de biodiversidad a	Global	78	65
Detección de deforestación b	América Latina	62	58
Predicción de eventos climáticos c	Global	54	61
Gestión de riesgos ambientales d	NA	46	49

Nota: La Inteligencia Artificial (IA) se aplica principalmente en el monitoreo de biodiversidad y en la predicción de eventos climáticos extremos, con impactos significativos en la precisión de los sistemas de alerta temprana.

a Uso de sensores y cámaras trampa para registrar especies.

b Basado en imágenes satelitales para identificar pérdida de cobertura forestal.

c Modelos predictivos de incendios, inundaciones y sequías.

d Datos no disponibles o no aplicables en todos los estudios.

A continuación, en el Tabla 1, se resumen las principales aplicaciones de la inteligencia artificial (IA) en la gestión ambiental, evaluando cada una de ellas en función del porcentaje de datos que utilizan y el impacto que logran en la precisión.

El monitoreo de la biodiversidad es la aplicación que destaca en ambos aspectos, con un 78% de uso de datos y un 65% de impacto en la precisión. Esto demuestra que es un área madura y efectiva, utilizando tecnologías como sensores y cámaras trampa a nivel global para registrar especies. La detección de la deforestación, que se enfoca en América Latina y utiliza imágenes satelitales, le sigue con porcentajes ligeramente inferiores (62% de uso de datos y 58% de impacto), lo que la consolida como una herramienta poderosa. Por su parte, la predicción de eventos climáticos utiliza un 54% de datos, pero logra un 61% de precisión, lo que la hace crucial para los sistemas de alerta temprana ante desastres naturales como inundaciones o sequías (Castaño & Villalba, 2023). Finalmente, la gestión de riesgos ambientales muestra los porcentajes más bajos (46% de uso de datos y 49% de impacto), lo

que, según la nota de la tabla, se debe a la falta de datos disponibles o aplicables en todos los estudios. En resumen, la inteligencia artificial (IA) está demostrando ser una herramienta clave en la gestión ambiental, especialmente en el monitoreo de la biodiversidad y la predicción de eventos climáticos extremos, donde sus aplicaciones tienen un impacto significativo en la precisión de los sistemas de alerta (González & López, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la literatura permitió identificar un crecimiento significativo en el uso de la inteligencia artificial (IA) en la gestión ambiental entre 2018 y 2025. Los estudios revisados destacan el empleo de algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales para optimizar la recopilación y el procesamiento de datos ambientales en tiempo real. Entre las aplicaciones más frecuentes se encuentran el monitoreo de la biodiversidad a través de sensores y cámaras trampa, la detección temprana de deforestación mediante imágenes satelitales, y la predicción de eventos extremos vinculados al cambio climático, como incendios forestales, inundaciones y sequías (Liu et al., 2022; Castaño & Villalba, 2023).

Los resultados muestran que estas herramientas han incrementado la precisión en los modelos de pronóstico y han reducido el tiempo de respuesta de los sistemas de alerta temprana, lo que permite implementar medidas preventivas con mayor anticipación. Además, se observó una tendencia creciente a la integración de plataformas de análisis de Big Data que combinan datos climáticos, geoespaciales y socioeconómicos para apoyar la toma de decisiones en políticas públicas de sostenibilidad (Hinojosa & Valdés, 2024). Este enfoque holístico permite, por ejemplo, identificar la vulnerabilidad de poblaciones frente a desastres naturales o predecir el impacto de nuevas infraestructuras en los ecosistemas locales, facilitando una planificación más informada y estratégica.

Sin embargo, los estudios también señalan limitaciones importantes, como la necesidad de infraestructuras tecnológicas robustas, la disponibilidad de datos de calidad y los desafíos

asociados con la interoperabilidad de sistemas, especialmente en países en desarrollo. Algunos autores también advierten sobre los riesgos de sesgos algorítmicos y la posible exclusión de comunidades locales en los procesos de gestión ambiental, lo que podría afectar la equidad de las soluciones implementadas (Pérez & Ramírez, 2020). Por ello, es fundamental que los algoritmos sean transparentes y auditables para evitar que reproduzcan desigualdades existentes.

Tabla 2.

Beneficios y Limitaciones de la inteligencia artificial (IA), en Gestión Ambiental.

Aspecto	Beneficios (%)	Limitaciones (%)
Precisión en modelos predictivos a	71	29
Reducción de tiempos de respuesta b	65	35
Optimización de recursos c	58	42
Inclusión comunitaria d	40	35
Brecha tecnológica e	52	48

Nota: Sintetiza los principales beneficios y limitaciones de la inteligencia artificial (IA), evidenciando

la necesidad de estrategias que superen la brecha tecnológica y fortalezcan la inclusión comunitaria.

a Incremento de precisión en predicciones de biodiversidad y clima.

b Respuesta más rápida ante eventos ambientales extremos.

c Uso más eficiente de recursos naturales y financieros en programas de conservación.

d Participación de comunidades locales en toma de decisiones; limitada en varios contextos.

e Infraestructura tecnológica insuficiente o desigual; datos incompletos.

La tabla 2 presenta un análisis de los beneficios y limitaciones de la inteligencia artificial (IA) en la gestión ambiental. En general, los datos demuestran que aportan grandes ventajas, especialmente en áreas técnicas. Por ejemplo, en la precisión de los modelos predictivos, los beneficios alcanzan un impresionante 71%, lo que indica que la inteligencia artificial (IA) es muy eficaz para mejorar las predicciones sobre el clima y la biodiversidad. De manera similar, la reducción del tiempo de respuesta ante eventos ambientales extremos también muestra un alto beneficio del 65%. La inteligencia artificial (IA) también contribuye a la

optimización de recursos, con un 58% de beneficios en la gestión más eficiente de programas de conservación.

No obstante, el panorama cambia en los aspectos sociales y de infraestructura. La inclusión comunitaria, por ejemplo, tiene un beneficio más modesto del 40%, lo que sugiere que la participación de las comunidades locales es un área que aún presenta limitaciones significativas. El mayor desafío se encuentra en la brecha tecnológica, donde los beneficios (52%) apenas superan las limitaciones (48%). Esto subraya que la falta de infraestructura y datos incompletos son obstáculos importantes para la implementación sostenible de la inteligencia artificial (IA). En resumen, si bien la inteligencia artificial (IA) ofrece avances considerables, es crucial abordar estos desafíos —particularmente la brecha tecnológica y la inclusión de las comunidades— para maximizar su potencial en el cuidado del medio ambiente.

Tabla 3.

Ejemplos internacionales de aplicación de inteligencia artificial (IA) en gestión ambiental.

Caso	Tecnología utilizada	Aplicación	Región	Fuente
SMART para conservación de fauna a	IA + sensores remotos	Monitoreo de elefantes y rinocerontes	África	IUCN (2023)
Google Earth Engine b	Algoritmos de aprendizaje automático	Detección de deforestación en la Amazonía	América del Sur	González & López (2021)
Modelos predictivos de huracanes c	Redes neuronales profundas	Predicción de trayectorias de ciclones	Caribe	Liu, Chen, & Zhang (2022)
Agricultura inteligente d	IoT + blockchain	Optimización del uso de agua y trazabilidad de cultivos	Asia	Kaur & Singh (2023); Li, Wang, & Li (2023)

Nota: Elaboración propia a partir de las fuentes consultadas. Se incluyen experiencias representativas de uso de inteligencia artificial y tecnologías emergentes en diferentes regiones, con impacto en conservación de biodiversidad, gestión de riesgos y sostenibilidad agrícola.

- a: Iniciativa liderada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).
- b: Plataforma global de Google utilizada para monitoreo satelital.
- c: Aplicación orientada a gestión de riesgos climáticos en el Caribe.
- d: Casos de uso en agricultura de precisión y cadenas de suministro sostenibles en Asia.

La tabla 3 resume experiencias internacionales en las que la inteligencia artificial (IA) y las tecnologías emergentes se han aplicado a la gestión ambiental. Estas iniciativas abarcan distintos niveles de intervención. En África, por ejemplo, la inteligencia artificial (IA) se ha utilizado para la conservación de la biodiversidad mediante el monitoreo de especies amenazadas (IUCN, 2023). En la Amazonía, ha servido para la gestión forestal, facilitando la detección temprana de la deforestación (González & López, 2021).

En el Caribe, se han utilizado modelos predictivos basados en redes neuronales profundas para anticipar trayectorias de huracanes y reducir el impacto en comunidades vulnerables (Liu, Chen, & Zhang, 2022). Finalmente, en Asia, la integración del Internet de las Cosas (IoT) y blockchain en la agricultura inteligente ha permitido optimizar el uso del agua y garantizar la trazabilidad de cultivos, contribuyendo a la sostenibilidad productiva (Kaur & Singh, 2023; Li, Wang, & Li, 2023). Estos casos evidencian que la inteligencia artificial (IA) ambiental no es solo una herramienta técnica, sino un recurso estratégico que fortalece las políticas públicas y la toma de decisiones en distintos contextos regionales, lo que la convierte en un pilar fundamental para la gestión ambiental global.

La revisión bibliográfica demuestra que las tecnologías emergentes no solo cumplen un papel central en la gestión ambiental, sino que también abren un abanico de oportunidades para el emprendimiento y el desarrollo de nuevos modelos de negocio sostenibles. La inteligencia artificial (IA), el blockchain, el Internet de las Cosas (IoT), la computación en la nube y la automatización robótica de procesos (RPA) se erigen como los pilares de una transformación digital orientada a la sostenibilidad. Juntas, estas herramientas permiten optimizar procesos, reducir el uso de recursos y anticipar riesgos ambientales (Zhu et al., 2024).

El análisis de la literatura pone de manifiesto que estas herramientas pueden integrarse de forma innovadora en proyectos de emprendimiento tecnológico que fomenten la economía verde. Por ejemplo, el Internet de las Cosas (IoT) y la microsensORIZACIÓN permiten el monitoreo en tiempo real de cultivos y recursos hídricos, lo que impulsa la agricultura de precisión (Kaur & Singh, 2023). El blockchain puede garantizar la trazabilidad de cadenas de suministro sostenibles y fortalecer la transparencia en mercados de carbono (Li et al., 2023). Además, tecnologías como la realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) ofrecen nuevas posibilidades para la educación ambiental y la capacitación inmersiva, permitiendo a comunidades y empresas visualizar el impacto de sus decisiones sobre los ecosistemas.

La incorporación de la ciberseguridad y la computación en la nube resulta esencial para proteger los datos ambientales y garantizar la integridad de las plataformas tecnológicas. Esto asegura que los sistemas de alerta temprana y los modelos predictivos funcionen de manera confiable. Por su parte, la analítica aumentada y el Big Data permiten identificar patrones de comportamiento ambiental y optimizar las decisiones estratégicas en proyectos de conservación. Desde la perspectiva del emprendimiento, estas tecnologías facilitan la creación de agencias digitales de consultoría ambiental, marketplaces sostenibles, plataformas de comercio electrónico con enfoque ecológico y servicios de consultoría para pequeñas y medianas empresas interesadas en soluciones verdes. El proceso de innovación ágil, que combina la exploración de ideas, la creación de prototipos y la validación, permite reducir la incertidumbre y acelerar la adopción de estas tecnologías en el mercado.

Tabla 4.

Tecnologías Emergentes Complementarias en Conservación. Fuente:

Tecnología	Función Principal	Ejemplos de Uso	Nivel de Integración (%)
IoT y microsensores ^a	Monitoreo en tiempo real	Agricultura de precisión	68
Blockchain ^b	Trazabilidad	Mercados de carbono	42
RA/RV ^c	Educación y capacitación	Visualización de impacto ambiental	35
Computación en la nube	Almacenamiento y análisis de datos	Plataformas de Big Data	74
RPA ^d	Automatización de procesos	Gestión de alertas tempranas	25

Nota: muestra cómo otras tecnologías emergentes complementan la inteligencia artificial (IA), mejorando la eficiencia de los programas de conservación y la educación ambiental

a Sensores en cultivos, cuerpos de agua y ecosistemas naturales.

b Registro de cadenas de suministro sostenibles y certificados ambientales.

c Realidad aumentada y virtual para capacitación comunitaria y empresarial.

d Automatización Robótica de Procesos (RPA); datos de adopción incompletos.

El Tabla 4 ilustra cómo diversas tecnologías se unen a la inteligencia artificial (IA) para potenciar la gestión ambiental. En la tabla se presentan cinco tecnologías, cada una con su función principal, ejemplos de uso y el nivel de integración alcanzado entre 2018 y 2025. La computación en la nube muestra el mayor nivel de integración (74%), lo cual es lógico, ya que su capacidad para el almacenamiento y análisis de datos es fundamental para el manejo de plataformas de Big Data en el sector ambiental. Justo detrás, el Internet de las Cosas (IoT) y los microsensores (68%) permiten el monitoreo en tiempo real de ecosistemas, cultivos y cuerpos de agua, siendo esenciales para la agricultura de precisión.

Por otro lado, el blockchain (42%) cumple un papel crucial en la trazabilidad y la transparencia, especialmente en mercados como el de los bonos de carbono. Las tecnologías de realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV), aunque con un nivel de integración más bajo (35%), tienen un gran potencial para la educación y la capacitación inmersiva.

Finalmente, la Automatización Robótica de Procesos (RPA) presenta el menor nivel de integración (25%), aunque es útil para automatizar tareas repetitivas en la gestión de alertas tempranas. En conjunto, la tabla evidencia cómo tecnologías como la nube y el Internet de las Cosas (IoT) son el motor que impulsa la recopilación y el análisis de datos, complementando de forma integral el trabajo de la inteligencia artificial (IA).

Un estudio reciente de Verdecchia et al. (2023) revisa sistemáticamente la literatura sobre *Green AI* y señala que, aunque los avances son prometedores en cuanto a eficiencia energética y reducción de emisiones, persisten importantes desafíos en la transparencia de los modelos, la evaluación del ciclo de vida y los costos ambientales vinculados al uso de los datos y la infraestructura tecnológica. A pesar de estos avances, la literatura advierte sobre retos críticos que requieren atención. Se necesitan marcos regulatorios que promuevan la ética en el uso de algoritmos y estrategias para reducir la brecha digital en países en desarrollo, así como la capacitación de nuevos emprendedores para que puedan aprovechar estas herramientas de forma efectiva. Un aspecto crítico es la propia huella de carbono de la inteligencia artificial (IA), ya que los centros de datos que la sustentan consumen grandes cantidades de energía, lo que paradójicamente puede contribuir al mismo problema climático que intenta resolver.

Un aspecto que merece especial atención es el papel de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como habilitadoras de la gestión ambiental colaborativa. Por ejemplo, las plataformas digitales de ciencia ciudadana han demostrado ser efectivas para ampliar la cobertura del monitoreo ambiental al involucrar voluntarios en la recolección de datos mediante aplicaciones móviles y sensores de bajo costo. Asimismo, el uso de sistemas de información geográfica (SIG) integrados con big data permite elaborar mapas dinámicos de vulnerabilidad ecológica, que sirven de base para planificar políticas públicas resilientes (Badii et al., 2022). De esta manera, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) no solo complementan a la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT),

sino que crean un ecosistema digital participativo y descentralizado, fundamental para la sostenibilidad ambiental global.

Además, la brecha tecnológica entre países desarrollados y en vías de desarrollo plantea el riesgo de una dependencia asimétrica, donde las naciones con menor infraestructura digital quedan rezagadas en la toma de decisiones ambientales globales (González & López, 2021). Otro desafío ético reside en la concentración de datos ambientales en corporaciones privadas, lo que podría limitar el acceso abierto a información vital para la formulación de políticas públicas inclusivas (Pérez & Ramírez, 2020). En este sentido, se vuelve indispensable promover modelos de inteligencia artificial explicable (XAI) y mecanismos de gobernanza internacional de datos que garanticen la equidad y la transparencia en la gestión ambiental. La integración de tecnologías emergentes, modelos de negocio innovadores y prácticas de sostenibilidad crea un ecosistema propicio para impulsar la economía digital y la conservación ambiental de manera simultánea, pero solo si se abordan de forma proactiva estos desafíos.

CONCLUSIONES

El presente estudio permite concluir que la inteligencia artificial (IA) representa un avance significativo en la gestión ambiental, al proporcionar soluciones innovadoras que potencian la capacidad de monitoreo, análisis y respuesta frente a los retos que enfrenta el medio ambiente. Las aplicaciones revisadas evidencian beneficios concretos en la detección temprana de amenazas, la optimización de recursos y la formulación de políticas públicas basadas en datos, lo que contribuye de manera directa al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (UNEP, 2023).

Este estudio presenta limitaciones vinculadas al alcance de la literatura analizada. La revisión se centró en artículos publicados principalmente en inglés y español, lo que pudo dejar fuera investigaciones relevantes en otros idiomas. Además, algunos estudios técnicos desarrollados por gobiernos y empresas privadas no estuvieron disponibles por restricciones de acceso, lo

que limita la exhaustividad de la revisión. Finalmente, los casos incluidos presentan diferencias metodológicas que dificultan la comparación directa entre ellos.

El análisis realizado permite concluir que la convergencia entre tecnologías emergentes y gestión ambiental representa una oportunidad estratégica para promover el desarrollo sostenible y la innovación empresarial. Herramientas como la inteligencia artificial (IA) y la computación en la nube no solo optimizan los procesos de monitoreo y análisis ambiental, sino que también ofrecen nuevas posibilidades de emprendimiento, desde agencias de comercio electrónico hasta plataformas de consultoría digital para pymes.

Estas tecnologías, cuando se implementan con un enfoque ético y participativo, contribuyen a mejorar la trazabilidad de las cadenas de valor, reducir emisiones, optimizar recursos y crear productos y servicios orientados a la sostenibilidad. Sin embargo, para que su impacto sea global y equitativo, es necesario fortalecer la educación tecnológica, cerrar la brecha digital y garantizar que las soluciones lleguen también a comunidades vulnerables (UNEP, 2023).

En definitiva, el aprovechamiento de estas tecnologías no debe limitarse al ámbito corporativo, sino extenderse como una herramienta de inclusión y resiliencia ambiental. Esto permitirá que la innovación tecnológica se convierta en un motor para la conservación de los ecosistemas, la generación de empleo y la construcción de sociedades más sostenibles e inteligentes. Sin embargo, su implementación a gran escala requiere superar limitaciones técnicas y socioeconómicas, así como establecer marcos éticos y regulatorios que promuevan el uso responsable y equitativo de estas herramientas. Es fundamental que los desarrollos tecnológicos se articulen con procesos de participación comunitaria y enfoques de justicia ambiental, de modo que los beneficios de la inteligencia artificial (IA) se distribuyan de manera inclusiva y contribuyan a la preservación de los ecosistemas a largo plazo (Pérez & Ramírez, 2020).

Se recomienda a los gobiernos diseñar marcos regulatorios que garanticen un uso ético y transparente de la inteligencia artificial (IA) en la gestión ambiental. Para el sector privado, resulta prioritario impulsar incubadoras tecnológicas que fomenten emprendimientos verdes basados en inteligencia artificial (IA), blockchain e Internet de las Cosas (IoT). Asimismo, en el ámbito académico y comunitario, se plantea la necesidad de fortalecer programas de educación y capacitación que integren estas tecnologías en la gestión sostenible, con el fin de democratizar su acceso y reducir las brechas digitales entre regiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrieta, A. B., Díaz-Rodríguez, N., & Ser, J. D. (2022). Explainable artificial intelligence (XAI) in environmental monitoring: A systematic review. *Environmental Modelling & Software*, 155(1), 105437. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2022.105437>. (Accedido el 5 de julio de 2025).
- Badii, A., Uden, L., & Al-Sarray, H. (2022). Smart ICT for sustainable environmental management: A systematic review. *Sustainability*, 14(16), 10123. <https://doi.org/10.3390/su141610123>. (Accedido el 11 de mayo de 2025).
- Castaño, J. F., & Villalba, P. (2023). Aplicaciones de aprendizaje automático para la detección temprana de incendios forestales. *Revista Iberoamericana de Tecnología Ambiental*, 19(2), 45–60. <https://doi.org/10.31095/rita.v19i2.1123>. (Accedido el 2 de junio de 2025).
- González, R., & López, M. (2021). Inteligencia artificial y cambio climático: Oportunidades y desafíos para la gestión de riesgos. *Revista Latinoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 16(3), 67–84. <https://doi.org/10.1590/rlcts.2021.16307>. (Accedido el 7 de julio de 2025).
- Hinojosa, C., & Valdés, P. (2024). Big data y sostenibilidad: integración de datos geoespaciales para políticas públicas. *Journal of Environmental Policy Studies*, 28(1), 23–39. <https://doi.org/10.1080/14693062.2024.1783491>. (Accedido el 1 de mayo de 2025).
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2023). *Artificial intelligence for biodiversity conservation: Opportunities and risks*. IUCN Publications. <https://www.iucn.org/ai-biodiversity>. (Accedido el 8 de junio de 2025).

- Kaur, J., & Singh, R. (2023). IoT and blockchain for smart agriculture: A review of recent applications. *Computers and Electronics in Agriculture*, 205, 107624. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107624>. (Accedido el 3 de julio de 2025).
- Li, J., Wang, S., & Li, Z. (2023). Blockchain-based traceability for sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 385, 135432. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135432>. (Accedido el 6 de mayo de 2025).
- Liu, Y., Chen, X., & Zhang, W. (2022). Machine learning models for climate change prediction: A review. *Ecological Informatics*, 70, 101720. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101720>. (Accedido el 4 de junio de 2025).
- Pérez, L., & Ramírez, D. (2020). Ética de los algoritmos en la gestión ambiental. *Revista Colombiana de Ética y Tecnología*, 12(1), 91–104. <https://doi.org/10.18270/rcet.v12i1.3856>. (Accedido el 15 de julio de 2025).
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2023). *Harnessing artificial intelligence for sustainable development*. UNEP Report. <https://www.unep.org/ai-sustainable>. (Accedido el 10 de mayo de 2025).
- Verdecchia, A., et al. (2023). *A systematic review of Green AI*. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 2023. <https://doi.org/10.1002/widm.1507>. (Accedido el 9 de junio de 2025).
- Zhu, X., Wang, Q., & Chen, H. (2024). The role of emerging technologies in the green transformation of industries: A systematic review. *Technological Forecasting and Social Change*, 194, 122695. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.122695>. (Accedido el 1 de julio de 2025).