

Avances

en la inteligencia artificial para incrementar el rendimiento en los cultivos

Advances in artificial intelligence to increase crop yield

Recibido: 14/11/24

Aceptado: 03/01/25

Publicado: 10/02/25

Jennifer Dian Vera Chalaco^{1*}E-mail: jvera12@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8779-3948>Héctor Ramiro Carvajal Romero¹E-mail: hcarvajal@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6303-6295>Jesús Antonio Díaz Hernández¹E-mail: jdiaz@ucf.edu.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8515-3203>¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

*Autor para correspondencia.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Vera Chalaco, J. D., Carvajal Romero, H. R. (2025). Avances en la inteligencia artificial para incrementar el rendimiento en los cultivos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e748. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/748>

RESUMEN

La presente investigación analiza los progresos en la aplicación de inteligencia artificial (IA) para incrementar el rendimiento de los cultivos, abordando desafíos fundamentales como la optimización de recursos y el reconocimiento anticipado de plagas y enfermedades. Se llevó a cabo la investigación por medio de un análisis sistemático de publicaciones científicas difundidas los últimos cinco años, enfocándose en modelos de aprendizaje automático que consideran aspectos climáticos, tipo de suelo y los requerimientos específicos de los cultivos para recomendar la cantidad óptima de recursos a aplicar en cada área del campo. Se emplearon técnicas de análisis de Big data y automatización, destacando el uso de herramientas avanzadas como sensores, drones y sistemas de riego inteligente que permiten una supervisión continua y una toma de decisiones más precisa. Los resultados evidencian que la integración de plataformas de IA en la agricultura de precisión ha mejorado significativamente la efectividad y productividad de los cultivos. La importancia de esta investigación radica en evidenciar cómo la adopción de tecnologías de IA no solo incrementa el rendimiento de los cultivos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y al desarrollo económico del sector agrícola. Estos hallazgos subrayan la necesidad de fomentar la implementación de soluciones basadas en IA para abordar los retos presentes, actuales y futuros de la agricultura, garantizando una producción alimentaria eficiente y sostenible.

Palabras clave:

Inteligencia Artificial, Big Data, Automatización, Agricultura de precisión, Sostenibilidad agrícola.

ABSTRACT

This research analyzes the progress in the application of artificial intelligence (AI) to increase crop yields, addressing fundamental challenges such as resource optimization and early recognition of pests and diseases. The research was carried out through a systematic analysis of scientific publications disseminated in the last five years, focusing on machine learning models that consider climatic aspects, soil type and specific crop requirements to recommend the optimal amount of resources to be applied in each area of the field. Big data analysis and automation techniques were employed, highlighting the use of advanced tools such as sensors, drones and intelligent irrigation systems that allow continuous monitoring and more accurate decision making. The results show that the integration of AI platforms in precision agriculture has significantly improved crop effectiveness and productivity. The importance of this research lies in demonstrating how the adoption of AI technologies not only increases crop yields, but also contributes to the environmental sustainability and economic development of the agricultural sector. These findings underscore the need to foster the implementation of AI-based solutions to address present, current and future challenges in agriculture, ensuring efficient and sustainable food production.

Keywords:

Artificial Intelligence, Big Data, Automation, Precision agriculture, Agricultural sustainability.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la agricultura global ha enfrentado el desafío continuo de incrementar la generación para responder la creciente necesidad de alimentos. Las decisiones que se adopten para mejorar la producción serán un factor clave que influirá en las prácticas agrícolas y en el aumento de la productividad. Este desafío se ve intensificado por el impacto del cambio climático, que agrega un nivel adicional de complejidad al manejo responsable de los recursos agrícolas.

La agricultura de precisión, considerada como pilar fundamental de la revolución agrícola, incorpora herramientas tecnológicas avanzadas, como satélites, drones, sensores y sistemas GPS, para optimizar las prácticas agronómicas y respaldar decisiones más informadas. En Ecuador, su implementación ha cobrado especial importancia en sectores como la floricultura, el cultivo de banano y las industrias azucareras, destacándose por su uso en la automatización del riego, el manejo eficiente de plagas y el monitoreo constante de las condiciones del cultivo. (Sánchez et al., 2024)

La combinación de dispositivos inteligentes, sensores avanzados, sistemas aéreos no tripulados herramientas de análisis de datos ha facilitado una amplia gama de aplicaciones agrícolas que incluyen la prevención de heladas en invernaderos, la gestión eficiente del riego y la identificación temprana de plagas (Maraveas & Bartzanas, 2022).

Investigaciones recientes han abordado el desarrollo de sistemas inteligentes que integran tecnologías como la realidad virtual y redes inalámbricas para disminuir los efectos del estrés abiótico de los cultivos. (Mañay & Chiliquina, 2022), junto con la implementación de soluciones avanzadas de control y monitoreo de riego, orientadas a optimizar la eficiencia y la productividad en las prácticas agrícolas. (Román, 2022).

La investigación tuvo como objetivo analizar sistemas basados con Inteligencia artificial fue un objetivo para la optimización de gestión agrícola en los cultivos con el fin de aumentar el rendimiento y reducir costos de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación estuvo enfocada en identificar y analizar los avances de la inteligencia artificial por medio de revisiones de literatura científica en el área de la agricultura durante los últimos cinco años. La metodología aplicada garantiza un enfoque riguroso y estructurado para sintetizar datos clave en el campo de la agricultura de precisión y sostenibilidad.

Se utilizaron bases de datos académicas de alta reputación, y se emplearon combinaciones de términos como: "Artificial Intelligence in Agriculture", "Precision Agriculture with AI" "Machine Learning Crop Optimization" "Detección de plagas mediante visión por computadora" "Internet of Things (IoT) in Agriculture".

Esto permitió fundamentar el análisis de información, donde se consideraron investigaciones presentadas en conferencias y publicaciones científicas donde se destacan técnicas, herramientas y algoritmos obtenidos de sensores, imágenes satelitales o drones, y así

proporcionar recomendaciones precisas y en tiempo real a los agricultores.

Para garantizar la calidad y relevancia de este estudio de revisión, se aplicaron los siguientes criterios en la selección de fuentes bibliográficas:

1. Enfoque temático: Se consideraron únicamente estudios relacionados con Inteligencia artificial y su aplicación, particularmente en áreas como predicción de rendimientos, manejo de recursos y automatización.
2. Actualidad y pertinencia: Solo se incluyeron investigaciones publicadas en los últimos cinco años para mostrar los progresos más actuales en el área.
3. Rigor científico: Las fuentes provienen de revistas académicas indexadas, conferencias internacionales y plataformas reconocidas, priorizando aquellas con metodologías claras y resultados verificables.
4. Accesibilidad y diversidad: Se incluyeron documentos en inglés y español para abarcar perspectivas globales y locales.
5. Contribución práctica: Se seleccionaron estudios que presentaran aplicaciones prácticas de algoritmos, sensores y otras tecnologías innovadoras.
6. Impacto en el sector agrícola: Las fuentes destacan por su relevancia en mejorar la efectividad, sostenibilidad, e incremento del cultivo.

Estos criterios aseguran una base sólida y actualizada para evaluar el efecto de la inteligencia artificial en la agricultura.

DESARROLLO

La automatización agrícola contemporánea representa la etapa más avanzada de un proceso evolutivo histórico de mecanización en el ámbito de la agricultura. (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación[FAO], 2022). La mecanización conlleva el uso de herramientas y equipos que van desde implementos manuales básicos hasta maquinaria avanzada. Su objetivo es automatizar las tareas agrícolas, aumentando gradualmente el nivel conforme se adoptan sistemas más sofisticados. El uso de equipos de robots coordinados y sincronizados emerge como una solución prometedora para reducir el deterioro del suelo y la contaminación de los cuerpos de agua.

Esta innovación no solo facilita la implementación de prácticas de agricultura de conservación, sino que también contribuye de manera significativa sobre la sostenibilidad de los recursos naturales y calidad del suelo, fomentando la diversidad biológica esencial para los sistemas agroalimentarios. (Daum, 2021)

La inteligencia artificial es una tecnología que permite a las máquinas actuar de forma autónoma de la misma manera inteligente que lo han hecho los humanos en el pasado. Esta no tiene nada en común con la inteligencia que se encuentra en los organismos biológicos, ya que esta es una creación humana que se basa en un software diseñado

con el propósito específico de aprender, realizar análisis lógicos y resolver problemas. (Ryan et al., 2021). Las herramientas basadas en inteligencia artificial han demostrado un impacto significativo al facilitar el análisis y procesamiento de grandes cantidades de datos históricos y en tiempo real relacionados con factores clave como el clima, las características del suelo y los cultivos.

Estas tecnologías impulsan la incorporación de prácticas agrícolas más sostenibles y optimizadas, lo que contribuye a maximizar los rendimientos de las cosechas y a minimizar de forma considerable las pérdidas derivadas de factores adversos. (Alvarado et al., 2024). De tal manera que representa un cambio paradigmático en el sector agrícola al incorporar tecnologías de punta para múltiples aspectos de las operaciones agrícolas.

El monitoreo en tiempo real de las condiciones del cultivo y clima local, mediante redes de sensores y análisis de datos, facilita la identificación pronta de plagas y enfermedades, reduciendo la dependencia de agroquímicos y minimizando el impacto ambiental.

La inteligencia artificial ha revolucionado en la agricultura moderna mediante diversas aplicaciones que optimizan el rendimiento de los cultivos. Los principales avances han sido:

1. **Predicción del rendimiento:** Modelos de aprendizaje automático analizan datos climáticos, del suelo y del cultivo para predecir los rendimientos con alta precisión, permitiendo a los agricultores planificar recursos y gestionar riesgos de manera efectiva. (Orchi et al., 2022)
2. **Monitoreo y detección de enfermedades:** Sistemas basados en visión por computadora utilizan imágenes capturadas por drones o cámaras para identificar enfermedades y plagas en etapas tempranas. (Gómez et al., 2019)
3. **Optimización del riego y fertilización:** Algoritmos de IA integrados con sensores IoT ajustan automáticamente los niveles de riego y fertilizantes según las necesidades específicas del cultivo y las condiciones del suelo, mejorando la utilización nutriente y agua. (Jafar et al., 2024)
4. **Gestión de plagas:** Modelos predictivos utilizan datos históricos y actuales para anticipar brotes de plagas, permitiendo una intervención proactiva y reduciendo el uso excesivo de pesticidas y los costos operativos. (Shah et al., 2024)
5. **Robótica agrícola:** Robots como SWEEPER, diseñados para cosechar cultivos como pimientos dulces, automatizan tareas agrícolas, reduciendo costos laborales y aumentando la eficiencia operativa. (Ngugi et al., 2024)
6. **Análisis de datos en tiempo real:** La integración de sensores IoT con plataformas de IA permite monitorear continuamente variables como la humedad del suelo y el clima. Estos datos, procesados en tiempo real, ajustan automáticamente las prácticas agrícolas para maximizar los rendimientos. (Gajjar et al., 2022)

El aprendizaje automático, capaz de realizar tareas específicas sin programación explícita, analiza datos históricos

para identificar correlaciones entre clima, suelo, cultivos e insumos. Esto permite generar recomendaciones personalizadas que mejoran el proceso de toma de decisiones, la productividad y eficiencia del sector (Barangé, 2023).

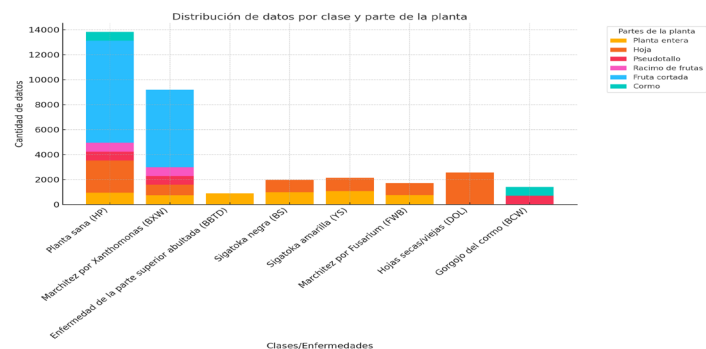
La aplicación Tumaini, desarrollada por científicos en colaboración con agricultores, utiliza aprendizaje automático para detectar tempranamente cinco enfermedades y una plaga en cultivos de banano. Analiza imágenes capturadas por teléfonos, drones y satélites, ayudando a prevenir pérdidas significativas en las cosechas (Barangé, 2023).

En 2019, Tumaini fue sometida a pruebas en diversas regiones productoras de banano, incluyendo Colombia, República Democrática del Congo, China, Uganda, India, y Benín. Las pruebas demostraron un notable 90% de precisión en la identificación de enfermedades y plagas, evidenciando la efectividad del modelo basado en inteligencia artificial en condiciones de campo. Según (Gómez et al., 2019) "la IA de Tumaini ha convertido la información del GPS en una herramienta útil y detallada del estado de salud de la planta a nivel global", lo que refleja su capacidad para monitorear cultivos en tiempo real. Además, desde su lanzamiento, la base de datos de Tumaini ha experimentado un crecimiento significativo, pasando de 6.000 entradas en 2013 a más de 18.000 registros en la actualidad. (Barangé, 2023).

La distribución de datos en el gráfico de barras incluye cinco enfermedades principales que afectan al banano, además de las clases correspondientes a plantas sanas, hojas secas o viejas, y los síntomas de daño causados por el gorgojo del cormo del banano. Debido a que estas enfermedades y plagas impactan distintas partes de la planta, se desarrollaron seis modelos específicos que abarcan la planta entera, hojas, pseudotallo, racimo de frutos, frutos cortados y cormo. (Gómez et al., 2019)

El gráfico de barras muestra la distribución de los datos por clase de enfermedad o condición del banano, segmentada según las diferentes partes de la planta (planta entera, hoja, pseudotallo, racimo de frutas, fruta cortada y cormo). (Fig. 1)

Fig. 1: Interpretación de datos mediante gráfico de barras



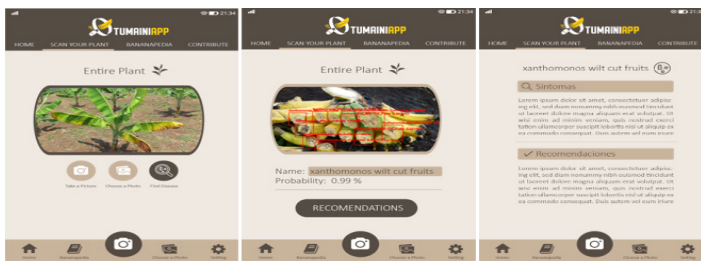
Fuente: Elaboración propia

La clase Planta sana (HP) es la más representada, con más de 13,000 datos, especialmente en Fruta cortada (8180) y Hoja (2583), lo que refleja un enfoque en el monitoreo de plantas saludables. Marchitez por Xanthomonas (BXW) tiene más de 9000 registros, destacando su presencia en Fruta cortada (6196) y Hoja (842). En contraste,

BTD cuenta con solo 902 datos, limitados a Planta entera, mientras que Gorgojo del cormo (BCW) está restringido a Pseudotallo (701) y Cormo (701), evidenciando su asociación específica con estas partes. Las Hojas son clave para “Planta sana” y “Hojas secas/viejas”, mientras que Fruta cortada es crucial para HP y BXW. Cormo y Pseudotallo destacan por su especialización en “Gorgojo del cormo”.

El etiquetado de imágenes se llevó a cabo utilizando el software Labellmg, un programa para la creación de conjuntos de datos anotados. Las etiquetas, junto con las coordenadas de las cajas delimitadoras, se almacenaron en formato XML, también utilizado por el conjunto de datos ImageNet. Cabe destacar que una única imagen podía contener múltiples anotaciones, dependiendo del número de áreas infectadas presentes en las distintas partes de la planta. (Gómez et al., 2019). (Fig. 2)

Fig.2: Aplicación Tumaini diseñada para la identificación de plagas y enfermedades en bananos



Fuente: (Gómez et al., 2019)

La aplicación móvil Tumaini utiliza inteligencia artificial para detectar enfermedades como Marchitez por Xanthomonas, analizando imágenes cargadas o tomadas por el usuario. Con una precisión del 99% en la identificación de síntomas, esta herramienta práctica y accesible facilita el diagnóstico

Estas innovaciones están transformando las prácticas agrícolas, ofreciendo soluciones integradas para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad.

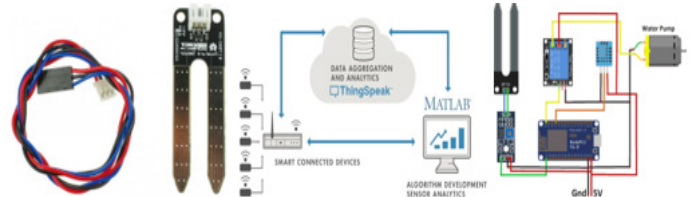
Una de las innovaciones más destacadas se encuentra el internet de las cosas (IoT), se dirige como un catalizador clave en la evolución hacia la agricultura inteligencia y de precisión, brindando soluciones avanzadas que posibilitan un aumento sostenible y prolongado en la productividad del sector agrícola. (Mylonas et al., 2019). IoT se refiere a una red de objetos cotidianos equipados con sensores, circuitos integrados y capacidades de conectividad, diseñada para recolectar, procesar y compartir datos en tiempo real.

(Laverde & Laverde, 2021), presenta un sistema de riego automático donde el internet de las cosas (IoT) es incorporado con la finalidad de mejorar y optimizar la gestión del agua en el ámbito agrícola mediante la obtención y evaluación del estado del suelo con datos en tiempo real. La implementación con esta tecnología utiliza el sensor de humedad DFROBOT SEN0114, que se instala directamente en el suelo para monitorear los niveles de humedad. Los datos recolectados se visualizan en la plataforma ThingSpeak a través de gráficos detallados, y se reciben notificaciones automatizadas mediante el uso de la plataforma Telegram.

Estas notificaciones informan acerca del nivel de humedad disponible en el suelo, y, en caso de que los niveles de humedad sean insuficientes y las condiciones de temperatura sean favorables, el sistema activa recomendaciones o acciones automatizadas para satisfacer las necesidades hídricas de las plantas. (Laverde & Laverde, 2021).

Este enfoque representa un avance significativo en el uso de tecnologías inteligentes para promover la eficiencia y la gestión en los recursos agrícolas (Fig. 3).

Fig. 3: Elementos para el sistema de riego



Fuente: Google Imágenes

El sistema de riego automatizado mide la temperatura y la humedad del suelo mediante sensores, enviando los datos a la plataforma ThingSpeak para análisis y a Telegram para notificar al agricultor sobre las condiciones del suelo. Si la humedad es insuficiente y las temperaturas son óptimas, el sistema activa automáticamente el riego. Además, ofrece gráficos detallados para monitorear las condiciones del cultivo, optimizando el uso del agua y reduciendo la intervención manual, lo que mejora la eficiencia y sostenibilidad agrícola.

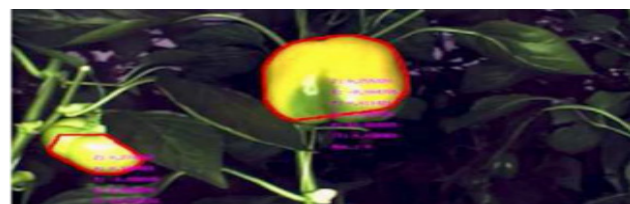
El Internet de las Cosas (IoT) desempeña un papel clave en la agricultura y en la gestión de invernaderos comerciales mediante la integración de tecnologías avanzadas como máquinas inteligentes, actuadores, sensores, drones, análisis de big data, inteligencia artificial y datos satelitales.

Los robots están emergiendo como elementos clave en la nueva revolución agrícola, destacándose por su potencial para optimizar el tiempo dedicado a las labores agrícolas y mejorar las condiciones de trabajo. (Martín et al., 2022)

Entre los diversos proyectos sobresale el desarrollo de robots que emplean inteligencia artificial para la cosecha de productos agrícolas. Un ejemplo destacado es Sweeper, un robot diseñado específicamente para recolectar pimientos dulces, desempeñando esta tarea de entornos de invernadero. (Ringdahl et al., 2019).

Una función central del sistema es la detección de frutos a cosechar. Para que el funcionamiento sea exitoso, la ubicación tridimensional (3D) de cada fruto debe determinarse con gran precisión. (Ringdahl et al., 2019).(Fig. 4.)

Fig. 4: Ejemplo de detección de fruta en tiempo real. Las curvas rojas indican las áreas detectadas.



Fuente: (Ringdahl et al., 2019)

Se desarrolló un algoritmo de identificación fundamentado en color para identificar pimientos en imágenes agrícolas. Mediante un filtro que homogeneizó la luz y una calibración con imágenes de muestra, se establecieron umbrales de color. El algoritmo refinó las detecciones eliminando tamaños inapropiados y calculó un índice para descartar errores, mejorando la precisión en la identificación. (Arad et al., 2019).

Las regiones detectadas se compararon con el volumen de un pimiento promedio y el tamaño relativo se informó como parte de la detección. Esta información se utilizó luego para eliminar las detecciones falsas, evitar racimos de frutos no cosechables y definir las prioridades de cosecha. (Arad et al., 2019).

La integración de estas tecnologías ha dado lugar a plataformas agrícolas innovadoras, disponibles tanto en formato web como móvil, diseñadas para ofrecer herramientas prácticas y datos útiles a agricultores y responsables de decisiones. Estas soluciones optimizan el uso de recursos y mejoran la productividad agrícola.

Tabla 1: Avances en IA aplicada a la Agricultura.

Categoría de avance	Descripción	Impacto	Referencias
Predicción del rendimiento	Modelos de aprendizaje automático analizan datos climáticos, del suelo y del cultivo para predicciones.	95% de precisión en la planificación de recursos.	(Orchi et al., 2022)
Detección de enfermedades y plagas	Uso de visión por computadora y drones para detectar enfermedades en etapas tempranas.	Reducción de pérdidas gracias a detección temprana.	(Gómez et al., 2019)
Optimización del riego y fertilización	Algoritmos integrados con sensores ajustan automáticamente el riego y nutrientes según condiciones específicas.	Mejora de la eficiencia en el uso de agua y fertilizantes.	(Jafar et al., 2024)
Robótica agrícola	Robots como SWEEPER para cosechar automáticamente, aumentando la eficiencia operativa.	Mejora de la productividad y reducción de costos laborales.	(N.Ngugi et al., 2024)
Análisis de datos en tiempo real	Integración de sensores IoT con IA para monitorear continuamente variables críticas.	Ajustes automáticos en las prácticas agrícolas.	(Gajjar et al., 2022)

Fuente: Elaboración propia

La tabla 1 resume los principales avances en la aplicación de IA en la agricultura, con un enfoque en la eficiencia y sostenibilidad del uso de recursos y la reducción de costos.

Los mayores impactos observados incluyen la predicción precisa de rendimientos, la detección temprana de enfermedades y la automatización a través de la robótica, que están contribuyendo a transformar las prácticas agrícolas actuales.

CONCLUSIONES

La inteligencia artificial ha progresado con tanta rapidez de tal manera que se ha convertido en un elemento crucial para revolucionar la agricultura contemporánea, abordando obstáculos vitales como la gestión de recursos, el equilibrio ecológico y mejorando la producción de cultivos para satisfacer las crecientes necesidades alimentarias en todo el mundo. Este artículo ha demostrado cómo las tecnologías basadas en IA han sido capaces de integrar innovación y sostenibilidad para maximizar la productividad agrícola y reducir el impacto ambiental. Entre las aplicaciones más destacadas se encuentra la anticipación de la producción de cultivos, que a través de algoritmos de aprendizaje automático facilita un control efectivo y preciso de los recursos, minimizando peligros y desperdicios. La identificación temprana de enfermedades y plagas, apoyada por sistemas de visión por computadora y drones, ha producido mejoras considerables al reducir pérdidas económicas y el uso excesivo de agroquímicos, contribuyendo a prácticas agrícolas más sostenibles. Por otro lado, la robótica agrícola y los sistemas automatizados de riego y fertilización han optimizado el empleo de recursos como agua y nutrientes, además de disminuir los gastos operativos, lo que convierte a la IA en un socio integral en la búsqueda de prácticas más prudentes y menos intensiva en recursos. De esta manera emerge como un impulsor fundamental de la transformación agrícola, promoviendo prácticas que integran alta productividad con sostenibilidad ambiental, está preparada para ser un catalizador de la revolución agrícola. Estos avances están revolucionando la agricultura, haciéndola más eficiente, sostenible y avanzada. Este desarrollo será esencial para superar los desafíos futuros, garantizar la producción alimentaria necesaria para una población en constante crecimiento asegurando preservar el equilibrio ecológico y fortalecer sistemas agroalimentarios resilientes y duraderos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbas Jafar, N. B.-N. (2024). Revolutionizing agriculture with artificial intelligence: plant disease detection methods, applications, and their limitations. *Frontiers*, 15. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1356260>
- Barangé, L. (9 de Agosto de 2023). *Alianza Bioversity & CIAT*. <https://alliancebioversityciat.org/es/stories/inteligencia-artificial-como-podria-transformar-agricultura>
- Boaz Arad, J. B.-S. (2019). Development of a sweet pepper harvesting robot. doi: <https://doi.org/10.1002/rob.21937>
- Chrysanthos Maraveas, T. B. (2022). Aplicación de (IoT) para entornos de invernadero optimizados. doi: <https://doi.org/10.54502/msuceva.v2n2a11>

- Daum, T. (2021). Farm robots: ecological utopia or dystopia? *ScienceDirect*, 36(9), 774–777. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.06.002>
- Edison Mañay, M. C. (2022). Sistema de Internet de las cosas para el monitoreo del índice ultravioleta. 3(2). doi: <https://doi.org/10.35290/ro.v3n2.2022.595>
- FAO. (2022). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. FAO: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/1c329966-521a-4277-83d7-07283273b64b/content/sofa-2022/agricultural-automation-technological-evolution.html>
- Habiba N. Ngugi, A. E. (2024). Revolutionizing crop disease detection with computational deep learning: a comprehensive review. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-12454-z>
- Houda Orchi, M. S. (2022). On Using Artificial Intelligence and the Internet of Things for Crop Disease Detection: A Contemporary Survey. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture12010009>
- Joffre Alvarado, F. C. (2024). Manejo integrado de cultivos y desarrollo sostenible. *Revista De Investigación E Innovación*. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.33262/rmc.v9i1.3049>
- Kanish Shah, R. S. (2024). Crop protection and disease detection using artificial intelligence and computer vision: a comprehensive review. *Springer Natural Link*. doi: <https://doi.org/10.1007/s11042-024-19205-9>
- Laverde, J. L. (2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego. 8(2). doi: <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i2.2542>
- Luis Sánchez, F. M. (2024). Agricultura de Precisión en El Ecuador. *Ciencia Latina*, 1532-1537. *Ciencia Latina*: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/9547/14136>
- Marcos Ryan, S. v.-J. (2022). Identifying key ethical debates for autonomous robots in agri-food: a research agenda. *Springer Nature Link*, 2, 493–507. doi: <https://doi.org/10.1007/s43681-021-00104-w>
- Michael Gómez, A. V. (2019). AI-powered banana diseases and pest detection. *Plant Methods*. doi: <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0475-z>
- Ola Ringdahl, P. K. (2019). Evaluation of approach strategies for harvesting robots: Case study of sweet pepper harvesting. *J Intell Robot Syst*. 95, 149–164. doi: <https://doi.org/10.1007/s10846-018-0892-7>
- Phivos Mylonas, Y. V. (2019). A Collaborative Pilot Platform for Data Annotation and Enrichment in Viticulture. doi: <https://doi.org/10.3390/info10040149>
- Román, R. (2022). Sistema de monitoreo y control de irrigación usando Internet de las Cosas (IoT). *Universidad Técnica del Norte*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12080>
- Ruchi Gajjar, N. G. (2022). Real-time detection and identification of plant leaf diseases using convolutional neural networks on an embedded platform. 2923–2938. doi: <https://doi.org/10.1007/s00371-021-02164-9>
- Teo Martín, P. G. (30 de June de 2022). Robots and transformations of work in farm: a systematic review of the literature and a research agenda. 42(66). doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00796-2>