

Tipo de artículo: Artículo de revisión

Agricultura inteligente: una alternativa con más eficiencia y calidad

Smart agriculture: an alternative with more efficiency and quality

Marlon Leal González^{1*} , <https://orcid.org/0009-0003-0988-2388>

Alejandro Toranzo Peña² , <https://orcid.org/0009-0007-1033-4468>

Yasmin Lopez Caballero³ , <https://orcid.org/0009-0000-8129-8862>

Anelys Vargas Ricardo⁴ , <https://orcid.org/0000-0001-9207-8224>

¹ Departamento Docente de Matemática, Facultad de Tecnologías Educativas, Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba. abmarlonle@gmail.com

² Departamento Docente de Matemática, Facultad de Tecnologías Educativas, Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba. tpeña@estudiantes.uci.cu

³ Facultad de Tecnologías Educativas, Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba. lopezc@estudiantes.uci.cu

⁴ Departamento Docente de Matemática, Facultad de Tecnologías Educativas, Universidad de las Ciencias Informáticas. Cuba. anelys@uci.cu

* Autor para correspondencia: abmarlonle@gmail.com

Resumen

Se presenta un sistema de agricultura inteligente que integra tecnologías avanzadas como sensores inalámbricos, aprendizaje automático y automatización, con el objetivo de mejorar la eficiencia y calidad en la producción de alimentos. Se diseñó un sistema para la recolección de datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales relevantes, permitiendo la generación de modelos predictivos que optimizan el uso de recursos naturales y mejoran la calidad y cantidad de los alimentos producidos. La metodología incluyó la selección de un área piloto, evaluación de necesidades, diseño del sistema, implementación y monitoreo. Los resultados mostraron que la implementación de este sistema podría tener un impacto positivo en la producción de alimentos, el ahorro de recursos, la creación de empleo y la mejora de la seguridad alimentaria, además de promover la innovación y el desarrollo tecnológico. Este enfoque innovador no solo busca maximizar la calidad y cantidad de las cosechas, sino que también se presenta como una solución viable para enfrentar los desafíos actuales en la producción agrícola, contribuyendo a la sostenibilidad y reduciendo el impacto ambiental. El sistema propuesto representa una oportunidad significativa para transformar la agricultura moderna, garantizando un uso más eficiente de los recursos y mejorando la seguridad alimentaria en la región.

Palabras clave: agricultura; ingeniería; aprendizaje automático; calidad; sostenibilidad

Abstract

An intelligent agriculture system is presented that integrates advanced technologies such as wireless sensors, machine learning, and automation, with the aim of improving efficiency and quality in food production. A system was designed for the real-time collection of data on relevant environmental conditions, allowing for the generation of predictive models that optimize the use of natural resources and enhance the quality and quantity of food produced. The methodology included the selection of a pilot area, needs assessment, system design, implementation, and monitoring. The results showed that the implementation of this system could have a positive impact on food production, resource savings, job creation, and improved food security, as well as



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

promoting innovation and technological development. This innovative approach not only seeks to maximize the quality and quantity of crops but also presents a viable solution to address current challenges in agricultural production, contributing to sustainability and reducing environmental impact. The proposed system represents a significant opportunity to transform modern agriculture, ensuring more efficient use of resources and improving food security in the region.

Keywords: *agriculture; engineering; machine learning; quality; sustainability*

Recibido: 12/04/2024
Aceptado: 15/07/2024
En línea: 01/08/2024

Introducción

La agricultura es una de las principales actividades económicas en muchas regiones del mundo, y la producción de alimentos es fundamental para la seguridad alimentaria y el bienestar de la población. Por esta razón, es importante buscar soluciones innovadoras que permitan mejorar la eficiencia y la calidad en el proceso de producción de alimentos y reducir el impacto ambiental. La agricultura inteligente empleará la información, los modelos y los desarrollos tecnológicos para una producción más eficiente, siempre en el marco de la sustentabilidad que la sociedad demanda (Walter et al., 2017).

En este contexto, surge la idea de desarrollar un sistema centralizado de monitoreo y control de cultivos, utilizando tecnología avanzada y técnicas de cultivo modernas para garantizar que los alimentos sean saludables, seguros y nutritivos. Este proyecto de agricultura inteligente que utiliza tecnologías de IoT conduce a una mayor eficiencia, menos desperdicio y mayores rendimientos de los cultivos a través de la recopilación y el análisis de datos en tiempo real sobre patrones climáticos, humedad del suelo y salud de los cultivos (Kumar, 2021), reduciendo el impacto ambiental, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad en la producción de alimentos en la región.

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de un sistema centralizado de monitoreo y control de cultivos que integre sensores inalámbricos y tecnologías de aprendizaje automático para recolectar datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales relevantes para el crecimiento de las plantas, tales como humedad del suelo, temperatura, humedad relativa y luz solar, dando así solución a la problemática inicial en la que se centra esta investigación, la cual es la escasez de alimentos e insumos agrícolas, así como la disminución de la producción en un sector vital como este.



Materiales y métodos

Este estudio se basó en una revisión documental exhaustiva de la literatura publicada en el campo de la agricultura inteligente. Se utilizaron varias bases de datos académicas y científicas, incluyendo Google Scholar, IEEE Xplorer, JSTOR, ScienceDirect, y PubMed, para buscar artículos relevantes.

Se utilizaron palabras clave como “agricultura inteligente”, “sensores inalámbricos”, “aprendizaje automático”, “sistemas de automatización”, “producción de alimentos” y “sostenibilidad” para buscar documentos. Se seleccionaron los documentos que se centraban en la aplicación de tecnologías avanzadas en la agricultura y que proporcionaban información sobre su impacto en la eficiencia y la calidad de la producción de alimentos.

Los documentos seleccionados se analizaron en profundidad para extraer información relevante. Se identificaron y registraron los métodos utilizados, los resultados obtenidos, las conclusiones y las recomendaciones. Se prestó especial atención a los estudios que demostraban el impacto positivo de la agricultura inteligente en la producción de alimentos, el ahorro de recursos naturales, la creación de empleo, la mejora de la seguridad alimentaria, la promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico.

La información extraída de los documentos se sintetizó y se organizó en categorías temáticas. Se realizó un análisis comparativo para identificar tendencias, patrones y brechas en la literatura. Los hallazgos se presentan en forma de una revisión narrativa, destacando las principales contribuciones y limitaciones de los estudios existentes en el campo de la agricultura inteligente.

Este estudio se limitó a la revisión de documentos publicados en inglés y español. Además, debido a la naturaleza rápida y en constante evolución de la tecnología, algunos de los estudios revisados pueden estar desactualizados. A pesar de estas limitaciones, este estudio proporciona una visión general valiosa de la aplicación y el impacto de las tecnologías avanzadas en la agricultura.

Resultados y discusión

Datos de la Oficina Nacional de la Estadísticas e Información de la República de Cuba muestran una tendencia a la baja en la producción de cultivos varios, los cuales son vitales para el abastecimiento de alimentos en la población. Esto es evidencia de un significativo impacto negativo de la variación histórica de las condiciones ambientales y económicas en los resultados productivos, tal como puede apreciarse en la tabla 1.



Tabla 1: Comparación histórica de los resultados de cosecha de cultivos varios en Cuba (en toneladas).

Cultivo	Cosecha (2018)	Cosecha (2022)
Plátanos	961 242	909 870
Tubérculos y raíces	1 081 041	1 332 173
Cereales	806 779	310 866
Cítricos	71 479	26 888
Leguminosas	161 513	69 193

Fuente: Elaboración propia a partir de (ONEI, 2022).

La comparación lleva a inferir un alarmante descenso en la producción de alimentos. Este fenómeno, sumado a las limitaciones de orden político que encuentra la economía cubana en el ámbito internacional, conduce a un paulatino agravamiento del desabastecimiento de insumos vitales para la población.

De esta forma, se incurre en crecimiento acelerado de la inflación, la depresión de la economía y, por tanto, en el deterioro de las condiciones de vida en la nación. Por tales motivos, se hace preciso inducir un aumento de los renglones productivos, para lo que es necesario adoptar técnicas modernas de producción que contribuyan a rentabilizar la actividad, maximizar los índices de la cosecha y reducir a su mínima expresión el consumo de recursos importados, los cuales se hacen difíciles de obtener por las limitaciones ya mencionadas.

La agricultura inteligente es una forma de gestión de los recursos aún en desarrollo, pero, no obstante, en plena expansión de su implementación en varias regiones del mundo. De la figura 1 se puede inferir una amplia expansión en el mercado de la agricultura inteligente, que tiende a duplicar su presencia en Europa con números muy significativos.

Estos datos dan a entender que es este un mercado dinámico, basado principalmente en el desarrollo de nuevos proyectos de investigación, desarrollo e innovación y abierto a soluciones de avanzada que contribuyan a maximizar la rentabilidad de la actividad agropecuaria y a minimizar su impacto económico y ambiental.

Cuba, en cambio, se encuentra a la cola del mundo en cuanto a la implementación de la agricultura inteligente. La aplicación de este tipo de sistemas es inexistente en territorio de la nación, encontrándose en una posición de atraso en cuanto a la implementación de sistemas inteligentes de gestión agrícola con respecto a países de su entorno geográfico, como México y Colombia, donde sí se aprecia una implementación gradual de tales ramas científicas y técnicas.



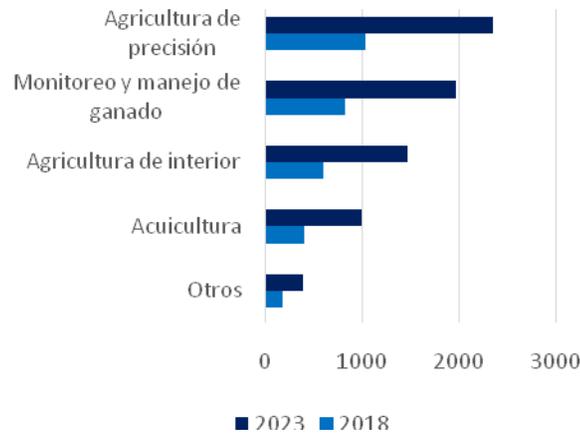


Figura 1: Distribución del tamaño de mercado de la industria de la agricultura inteligente en Europa en 2018 y 2023, según uso (en millones de dólares).

Fuente: (Orús, 2022)

La implementación de IoT en la agricultura, más allá de los prometedores beneficios que ofrece, ya ha tenido resultados reales en su implementación. De acuerdo con (Espinoza-García et al., 2019), estos beneficios se reflejan mayormente en cuatro aspectos fundamentales:

- Mayor productividad y rentabilidad: (...) hacen posible la recogida, seguimiento y análisis de datos en tiempo real que permiten tomar decisiones más inteligentes (...) para obtener mejores resultados. (...)
- Mejor conservación de los recursos: (...) los agricultores pueden medir la humedad, detectar fugas y administrar de manera más eficiente el uso del agua en cada aplicación, y todo en tiempo real. O lo que es lo mismo, gestionar de forma inteligente un suministro limitado de agua con menos desperdicio de los recursos hídricos. (...)
- Menor emisión de contaminantes: (...) [Se logra una] monitorización de la calidad del aire en tiempo real, donde se puede conocer y detectar niveles anómalos de diversos gases como el dióxido de azufre, monóxido de carbono, etc. Esto permite tomar contramedidas correctivas para el abatimiento de estos antes de que puedan ocasionarse daños mayores. (...)
- Mejor control de catástrofes y plagas: (...) Mediante la recogida de datos y el uso de analítica predictiva, los agricultores pueden anticiparse al futuro con la toma de decisiones oportunas para, al menos, poder reducir el impacto ante posibles catástrofes. (...)



Estos beneficios representan un aumento muy significativo de la pérdida de recursos tanto económicos, haciendo mucho más rentable la actividad agrícola, como naturales, con lo que se vuelve mucho más amable con el medio ambiente y reduce su impacto sobre los ecosistemas.

El sistema centralizado de monitoreo y control de cultivos propuesto en este artículo tiene como objetivo a largo plazo contribuir a la sostenibilidad y eficiencia en la producción de alimentos. El sistema permitirá recolectar datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales relevantes para el crecimiento de las plantas, lo que permitirá predecir los patrones de crecimiento de estas y establecer una base de datos históricos para mejorar los modelos predictivos. De esta manera, se puede conducir a una toma de decisiones informada, un mayor rendimiento y la conservación de recursos (Borkar et al., 2023).

El monitoreo y control de las condiciones ambientales y el uso de recursos permitirá mejorar la calidad y cantidad de los alimentos producidos. El sistema permitirá identificar y corregir los problemas ambientales que puedan afectar el crecimiento de las plantas, y permitirá ajustar los niveles de recursos, como agua y fertilizantes, para maximizar el rendimiento de los cultivos. Además, el sistema permitirá monitorear y controlar el uso de pesticidas y otros productos químicos, lo que contribuirá a reducir el impacto ambiental y mejorar la seguridad alimentaria.

Funcionalidades y características

1. Sistema de monitoreo y control inalámbrico de cultivos que utiliza sensores IoT: El sistema de monitoreo y control de cultivos propuesto en este proyecto utilizará sensores inalámbricos IoT para recolectar datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales relevantes para el crecimiento de las plantas, como la humedad del suelo, la temperatura, la humedad relativa y la luz solar. La integración de estos sensores permitirá a los productores monitorear el rendimiento de sus cultivos y tomar decisiones informadas sobre el manejo del cultivo.
2. Integración de tecnologías de aprendizaje automático para la generación de modelos predictivos de la salud de los cultivos: La integración de tecnologías de aprendizaje automático permitirá la generación de modelos predictivos de la salud de los cultivos, lo que ayudará a los productores a tomar decisiones informadas sobre el manejo del cultivo. Estos modelos permitirán predecir el crecimiento de las plantas, la propagación de plagas y enfermedades, y otros factores que puedan afectar la salud de los cultivos.
3. Alertas automáticas por SMS y correo electrónico cuando se detecten condiciones desfavorables para la salud de los cultivos: El sistema enviará alertas automáticas por SMS y correo electrónico cuando se detecten condiciones desfavorables para la salud de los cultivos, como la presencia de plagas, enfermedades o condiciones climáticas extremas. Estas alertas permitirán una acción rápida y efectiva para prevenir pérdidas y mejorar la productividad.



4. Funcionalidades de automatización y programación de riego, fertilización, entre otros procesos que afectan al cultivo: Las funcionalidades de automatización y programación permitirán a los productores optimizar el uso de los recursos naturales, como el agua y los fertilizantes, y reducir el impacto ambiental. Las funcionalidades de automatización permitirán programar el riego y la fertilización de acuerdo con las necesidades específicas de cada cultivo, lo que mejorará la eficiencia en la producción de alimentos.
5. Análisis y reportes detallados sobre el estado de salud y productividad de los cultivos: El sistema proporcionará análisis y reportes detallados sobre el estado de salud y productividad de los cultivos, lo que permitirá a los productores monitorear el rendimiento de sus cultivos y tomar decisiones informadas sobre la gestión del cultivo. Estos reportes incluirán información sobre la humedad del suelo, la temperatura, la humedad relativa y la luz solar, así como sobre la presencia de plagas y enfermedades, y otros factores que puedan afectar la salud de los cultivos.

Posible aplicación

Las soluciones agrícolas de IoT constan de múltiples aplicaciones de monitoreo, control y seguimiento que miden varios tipos de variables como el monitoreo del aire, el monitoreo de la temperatura, el monitoreo de la humedad, el monitoreo del suelo, el monitoreo del agua, la fertilización, el control de plagas, el control de la iluminación y el seguimiento de la ubicación (Espinoza-García et al., 2019).

Los sistemas de agricultura inteligente pueden utilizar sensores para medir factores climáticos como la humedad y la velocidad del viento es fundamental para el crecimiento de los cultivos, ya que omitirlos puede sesgar los impactos previstos del cambio climático en el rendimiento de los cultivos (Zhang et al., 2017). Estos datos permiten a los agricultores adaptar la producción según las condiciones meteorológicas, minimizando el desperdicio de agua y optimizando el uso de recursos. Además, la recolección de datos climáticos en tiempo real permite la creación de modelos predictivos que pueden ayudar a prevenir pérdidas y mejorar la eficiencia en la producción de alimentos.

Otro beneficio es el control de plagas. Los sistemas agrícolas inteligentes que utilizan inteligencia artificial, aprendizaje profundo y sensores ambientales pueden identificar plagas con precisión, reducir el uso de pesticidas y mejorar el valor económico agrícola general (Chen et al., 2020), gracias a la utilización de sensores y tecnologías de inteligencia artificial. La detección temprana de plagas y enfermedades permite a los agricultores aplicar tratamientos específicos para evitar su propagación, reducir el uso de pesticidas y mejorar la calidad de los cultivos.

La agricultura inteligente permite monitorear la nutrición de las plantas, como la etiqueta de pH, nitratos, urea y potasio entre otros elementos, utilizando sensores y satélites de IoT (Vagisha et al., 2022). La recolección de estos



datos en tiempo real permite a los agricultores ajustar la fertilización y aumentar el rendimiento de sus cosechas, reduciendo el desperdicio de nutrientes y mejorando la eficiencia en la producción de alimentos.

Obstáculos de implementación

La realización e implementación del sistema está condicionado por la concurrencia de ciertos obstáculos de orden tecnológico y de capital humano.

Los ecosistemas de agricultura inteligente habilitados por IoT tienen como objetivo mejorar la productividad y la calidad en el sector agrícola, pero los desafíos incluyen la falta de conectividad y la necesidad de mejorar la arquitectura, las tecnologías de comunicación y el almacenamiento de big data (Villa-Henriksen et al., 2020). La recolección y transmisión de datos precisos y oportunos es esencial para la toma de decisiones informadas y la optimización de la producción agrícola. La falta de conectividad en áreas rurales y remotas puede limitar el acceso a redes confiables y afectar la eficiencia de los sistemas de agricultura inteligente.

El capital humano tiene un impacto significativo en la reducción de las barreras a la innovación representadas por la escasez de conocimientos y la incertidumbre del mercado (D'Este et al., 2014). Las carencias en la capacitación y los conocimientos sobre nuevas tecnologías es un desafío común en la implementación de sistemas de agricultura inteligente. La falta de capacitación puede llevar a errores en el uso de la tecnología y a una falta de aprovechamiento real de sus posibilidades. Es importante que los agricultores reciban capacitación adecuada para comprender y utilizar eficazmente las nuevas tecnologías.

La falta de estandarización de las tecnologías utilizadas en la agricultura inteligente puede ser un obstáculo para la implementación, ya que los agricultores y los integradores de tecnología necesitan identificar tecnologías adecuadas y mejores prácticas para una aplicación particular (ElBeheiry & Balog, 2022). Cada tecnología puede depender de diferentes sistemas, lo que puede dificultar su integración en la explotación agrícola actual. Es necesario desarrollar estándares y normas para garantizar la interoperabilidad y apoyar la implementación eficiente y el intercambio de información entre las partes interesadas en la agricultura inteligente (Tóth & Kučas, 2016).

El acceso a la tecnología necesaria para los sistemas agrícolas inteligentes puede ser un obstáculo debido a la variedad de tecnologías y mejores prácticas disponibles (ElBeheiry & Balog, 2022). Para las personas que viven en regiones remotas o con recursos limitados. La falta de acceso a sensores, drones y redes Wifi confiables puede limitar la capacidad de los agricultores para implementar sistemas de agricultura inteligente y aprovechar sus beneficios.



Propuesta de metodología para la puesta en marcha

La implementación y posterior puesta en marcha del sistema está condicionada por todo lo arriba mencionado, por lo que se proponen fases para las mismas, que se describen a continuación:

1. Selección del área piloto: El primer paso en la implementación de sistemas de agricultura inteligente es seleccionar un área piloto adecuada. Se recomienda seleccionar un área rural de baja producción agrícola, como la Lisa, para demostrar cómo la tecnología puede mejorar la eficiencia y la productividad de los pequeños productores
2. Evaluación de necesidades: Se realizará un análisis de las necesidades del área seleccionada en términos de recursos, infraestructura y capacitación. Este análisis permitirá identificar las áreas en las que se necesitan mejoras y diseñar un sistema de agricultura inteligente adaptado a las necesidades de los pequeños productores.
3. Diseño de sistemas: Una vez que se hayan evaluado las necesidades del área piloto, se diseñará un sistema de agricultura inteligente que incluya tecnología IoT para el monitoreo de variables ambientales, sistemas de riego automatizados, sensores de humedad y fertilidad del suelo, entre otras tecnologías. El diseño del sistema debe ser adaptable y escalable para permitir la implementación en otras áreas.
4. Implementación: Se instalarán los sistemas en las parcelas de los productores y se brindará capacitación para el uso y mantenimiento del mismo. Es importante trabajar con los pequeños productores para garantizar que el sistema se adapte a sus necesidades y se utilice de manera efectiva.
5. Monitoreo y evaluación: Se realizará un seguimiento periódico para evaluar el desempeño del sistema y realizar mejoras. La evaluación debe incluir la medición del impacto en la productividad, la eficiencia en el uso de recursos y la rentabilidad de los pequeños productores. Los resultados de la evaluación deben utilizarse para mejorar el sistema y para adaptarlo a las necesidades de otras áreas.

Tecnologías a emplear

Los sistemas agrícolas inteligentes requieren sensores inalámbricos basados en IoT y maquinaria agrícola autónoma habilitada por IA (Qazi et al., 2022). Algunas de las tecnologías más importantes que se utilizarán en este proyecto incluyen:

- Plataformas de hardware: Para la recolección y transmisión de datos de sensores, se utilizarán plataformas de hardware como Arduino o Raspberry Pi. Estas plataformas permiten la conexión de sensores para la medición de variables ambientales como humedad del suelo, temperatura, humedad relativa y luz solar.



- **Sensores remotos:** Se utilizarán sensores remotos para medir variables ambientales en tiempo real. Estos sensores permiten una medición precisa y oportuna de las variables clave que afectan el crecimiento y la producción de los cultivos.
- **Plataformas de IoT basadas en la nube:** Los datos recopilados por los sensores se almacenarán y analizarán en plataformas de IoT basadas en la nube. Estas permiten el procesamiento y análisis de grandes cantidades de datos en tiempo real, lo que permite la toma de decisiones informadas y la optimización de la producción agrícola.
- **Tecnología de Aprendizaje Automático:** Se utilizarán técnicas de aprendizaje automático para procesar y analizar los datos recopilados por los sensores y crear modelos de predicción para los cultivos. Estos modelos pueden utilizarse para predecir el rendimiento de los cultivos y optimizar la gestión de los recursos agrícolas.

Equipo necesario

Para la implementación y subsecuente aprovechamiento del sistema, se requiere del siguiente equipamiento básico:

- Placa Arduino / Raspberry Pi.
- Sensores de temperatura, humedad de suelo y luz.
- Comunicaciones Wifi o NRF24L01 para comunicación entre los nodos sensores y el nodo transmisor.
- LCD Display para estadísticas básicas

Conclusiones

Esta investigación sobre el sistema de agricultura inteligente destaca la efectividad y relevancia del enfoque adoptado para mejorar la eficiencia y calidad en la producción de alimentos. Se logró cumplir con los objetivos planteados al desarrollar un sistema que integra tecnologías avanzadas, como sensores inalámbricos y aprendizaje automático, para recolectar datos en tiempo real sobre las condiciones ambientales. Este enfoque no solo optimiza el uso de recursos naturales, sino que también contribuye a la sostenibilidad y a la seguridad alimentaria en la región.

Los resultados obtenidos demuestran que la implementación de este sistema puede generar un impacto positivo significativo en la productividad agrícola, el ahorro de recursos y la reducción del uso de insumos químicos, lo que representa un avance importante en el campo de la agricultura inteligente. La capacidad del sistema para proporcionar alertas automáticas y reportes detallados permite a los agricultores tomar decisiones informadas y oportunas, mejorando así la calidad de los cultivos y la rentabilidad de sus actividades.



Para trabajos futuros, se sugiere la ampliación de este sistema a otras regiones y cultivos, así como la integración de tecnologías adicionales, como drones y análisis de imágenes satelitales, para enriquecer el monitoreo y control de los cultivos. Además, es fundamental abordar las limitaciones identificadas, como la falta de conectividad y capacitación, para garantizar una implementación efectiva y maximizar los beneficios de la agricultura inteligente. En resumen, este trabajo no solo aporta soluciones innovadoras al sector agrícola, sino que también abre nuevas vías para la investigación y desarrollo en el ámbito de la sostenibilidad y la producción alimentaria.

Agradecimientos

En primer lugar, los autores se complacen en agradecer a sus profesores, especialmente la Dra.C. Anelys Vargas Ricardo, quienes brindaron su orientación y apoyo durante todo el proceso de investigación. Sus conocimientos y experiencia fueron fundamentales para el éxito de este proyecto.

Los autores agradecen además a todas las personas y organizaciones que colaboraron en la obtención de los datos y la información necesarios para este estudio, principalmente al equipo del Parque Científico Tecnológico de La Habana. Sin su valiosa contribución, este proyecto no hubiera sido posible.

Conflictos de intereses

Los autores no poseen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

1. Conceptualización: Marlon Leal González
2. Curación de datos: Marlon Leal González
3. Análisis formal: Marlon Leal González
4. Investigación: Marlon Leal González
5. Metodología: Marlon Leal González, Alejandro Toranzo Peña, Anelys Vargas Ricardo
6. Administración del proyecto: Marlon Leal González
7. Recursos: Marlon Leal González, Yasmin Lopez Caballero
8. Supervisión: Marlon Leal González, Anelys Vargas Ricardo
9. Validación: Anelys Vargas Ricardo
10. Visualización: Marlon Leal González



11. Redacción – borrador original: Marlon Leal González, Alejandro Toranzo Peña, Anelys Vargas Ricardo, Yasmin Lopez Caballero
12. Redacción – revisión y edición: Marlon Leal González, Alejandro Toranzo Peña, Anelys Vargas Ricardo, Yasmin Lopez Caballero

Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa.

Referencias

- Borkar, N. M., Atal, A., Chile, A., & Shukla, K. (2023). Crop Monitoring System Using GSM. 2023 International Conference on Self Sustainable Artificial Intelligence Systems (ICSSAS),
- Chen, C.-J., Huang, Y.-Y., Li, Y.-S., Chang, C.-Y., & Huang, Y.-M. (2020). An AIoT based smart agricultural system for pests detection. *Ieee Access*, 8, 180750-180761. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9200475/>
- D'Este, P., Rentocchini, F., & Vega-Jurado, J. (2014). The role of human capital in lowering the barriers to engaging in innovation: evidence from the Spanish innovation survey. *Industry and innovation*, 21(1), 1-19. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13662716.2014.879252>
- ElBeheiry, N., & Balog, R. S. (2022). Technologies driving the shift to smart farming: A review. *IEEE Sensors Journal*, 23(3), 1752-1769. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9966321/>
- Espinoza-García, M., Álvarez-Martínez, G., & Chora-García, D. (2019). La perfecta combinación del Internet de las cosas y la agricultura de precisión. *Killkana Técnica*, 3(2), 29-36.
- Kumar, A. (2021). Smart agriculture using IoT. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 9(6), 188-191. <https://acspublisher.com/journals/index.php/ijrcst/article/view/11002>
- ONEI. (2022). *Anuario Estadístico de Cuba 2022 - ONEI*. <https://www.onei.gob.cu/anuario-estadistico-de-cuba-2022>
- Orús, A. (2022). *Distribución del tamaño de mercado de la industria de la agricultura inteligente en Europa en 2018 y 2023, según uso*. <https://es.statista.com/estadisticas/957112/tamano-de-mercado-de-la-agricultura-inteligente-en-europa-segun-uso/>



- Qazi, S., Khawaja, B. A., & Farooq, Q. U. (2022). IoT-equipped and AI-enabled next generation smart agriculture: A critical review, current challenges and future trends. *Ieee Access*, *10*, 21219-21235. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9716089/>
- Tóth, K., & Kučas, A. (2016). Spatial information in European agricultural data management. Requirements and interoperability supported by a domain model. *Land use policy*, *57*, 64-79. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837715302362/pdf?isDTMRedir=true&download=true>
- Vagisha, V., Rajesh, E., & Johri, P. (2022). Crop recommendation system for intelligent smart farming technology. 2022 4th International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N),
- Villa-Henriksen, A., Edwards, G. T., Pesonen, L. A., Green, O., & Sørensen, C. A. G. (2020). Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential. *Biosystems engineering*, *191*, 60-84. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511020300039>
- Walter, A., Finger, R., Huber, R., & Buchmann, N. (2017). Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *114*(24), 6148-6150. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1707462114>
- Zhang, P., Zhang, J., & Chen, M. (2017). Economic impacts of climate change on agriculture: The importance of additional climatic variables other than temperature and precipitation. *Journal of Environmental Economics and Management*, *83*, 8-31. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069616304910>

