



**Aplicación de sensores IoT e inteligencia artificial para la optimización
del riego en cultivos agroecológicos.**

**Application of IoT Sensors and Artificial Intelligence for Irrigation
Optimization in Agroecological Crops**

AUTORES

Facuy Toledo Dylan Paul
Universidad Politécnica Salesiana
Ecuador - Cuenca
dfacuy@est.ups.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0006-5896-4517>

Como citar:

Facuy Toledo, D. P. (2024). Aplicación de sensores IoT e inteligencia artificial para la optimización del riego en cultivos agroecológicos. *Revista Internacional De Investigación Y Desarrollo Global*, 3(2), 36–52. <https://doi.org/10.64041/riidg.v3i2.23>

Fecha de recepción: 2024-04-15

Fecha de aceptación: 2024-05-15

Fecha de publicación: 2024-06-15



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Resumen

La presente investigación aborda de manera integral la implementación de tecnologías emergentes, específicamente los sensores del Internet de las Cosas (IoT) y los algoritmos de inteligencia artificial (IA), con el objetivo de mejorar la eficiencia y sostenibilidad del riego en cultivos agroecológicos. En un escenario marcado por el cambio climático, la escasez progresiva de recursos hídricos y la necesidad de prácticas agrícolas más sostenibles, la gestión inteligente del agua se convierte en una prioridad estratégica para la agricultura del futuro. Los sistemas agroecológicos, al centrarse en el equilibrio entre productividad y cuidado del medio ambiente, requieren soluciones tecnológicas que respeten sus principios ecológicos sin comprometer la rentabilidad y eficiencia productiva.

En este contexto, el estudio plantea el diseño e implementación de un sistema automatizado de monitoreo y análisis que integra sensores IoT para la recolección de datos agroclimáticos y edáficos en tiempo real. Entre las variables registradas se incluyen la humedad del suelo, la temperatura ambiente, la radiación solar, el nivel de luminosidad y otros factores clave para el desarrollo de los cultivos. Esta información es transmitida a una plataforma central donde se procesan mediante algoritmos de inteligencia artificial que emplean técnicas de aprendizaje automático para identificar patrones, prever necesidades hídricas y emitir recomendaciones precisas sobre cuándo y cuánto regar.

El enfoque propuesto permite no solo la toma de decisiones basada en datos, sino también una reducción considerable en el desperdicio de agua, lo que representa un aporte importante para la sostenibilidad ambiental. Asimismo, se mejora la eficiencia del proceso productivo, ya que los cultivos reciben la cantidad de agua necesaria en el momento oportuno, favoreciendo un crecimiento más saludable y homogéneo. Esto, a su vez, se traduce en mejores rendimientos agrícolas y una menor dependencia de recursos externos, alineándose con los principios de la agroecología.

Adicionalmente, el sistema puede ser adaptado y escalado a distintos tipos de cultivos y contextos geográficos, lo que lo convierte en una solución versátil para diversos escenarios agrícolas. Los resultados preliminares de la implementación piloto han demostrado una disminución significativa del consumo de agua —en algunos casos superior al 30%— y una mejora visible en la salud y uniformidad de las plantas, validando la efectividad y viabilidad del sistema desarrollado. En conclusión, esta propuesta representa un aporte innovador y de alto impacto para la agricultura sostenible, al integrar la tecnología con el respeto al medioambiente y la optimización de los recursos naturales.

Palabras clave: Agroecología, IoT (Internet de las Cosas), Inteligencia Artificial, Riego inteligente, Sostenibilidad agrícola

Abstract

The present research comprehensively addresses the implementation of emerging technologies, specifically Internet of Things (IoT) sensors and artificial intelligence (AI) algorithms, with the aim of improving the efficiency and sustainability of irrigation in agroecological crops. In a context marked by climate change, the progressive scarcity of water resources, and the growing need for more sustainable agricultural practices, smart water management becomes a strategic priority for the future of agriculture. Agroecological systems, by focusing on a balance between productivity and environmental care, require technological solutions that respect ecological principles without compromising profitability and production efficiency.

In this context, the study proposes the design and implementation of an automated monitoring and analysis system that integrates IoT sensors for real-time collection of agroclimatic and soil data. The recorded variables include soil moisture, ambient temperature, solar radiation, light intensity, and other key factors for crop development. This information is transmitted to a central platform where it is processed by artificial intelligence algorithms that apply machine learning techniques to identify patterns, predict water needs, and generate accurate recommendations on when and how much to irrigate.

The proposed approach enables not only data-driven decision-making but also a considerable reduction in water waste, which represents a major contribution to environmental sustainability. Moreover, it improves the efficiency of the production process, as crops receive the exact amount of water they need at the right time, promoting healthier and more uniform growth. This, in turn, results in higher agricultural yields and reduced dependence on external resources, aligning with the core principles of agroecology.

Additionally, the system can be adapted and scaled to various types of crops and geographical contexts, making it a versatile solution for diverse agricultural scenarios. Preliminary results from the pilot implementation have shown a significant reduction in water consumption—exceeding 30% in some cases—and a visible improvement in the health and uniformity of plants, validating the effectiveness and feasibility of the proposed system. In conclusion, this initiative represents an innovative and high-impact contribution to sustainable agriculture by integrating technology with environmental responsibility and the efficient use of natural resources.

Keywords: Agroecology, IoT (Internet of Things), Artificial Intelligence, Smart Irrigation, Agricultural Sustainability

Introducción

La agricultura mundial enfrenta actualmente desafíos sin precedentes debido al cambio climático, la creciente escasez de recursos hídricos y la necesidad urgente de adoptar prácticas sostenibles que garanticen la seguridad alimentaria. En este contexto, la agroecología ha cobrado relevancia como un enfoque integral que combina principios ecológicos, sociales y culturales para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes y sustentables (Altieri & Nicholls, 2000). No obstante, para que estos sistemas agroecológicos sean verdaderamente sostenibles, es necesario incorporar tecnologías que permitan mejorar la eficiencia de los recursos sin comprometer sus principios fundamentales.

El agua es uno de los recursos naturales más amenazados y limitantes en los sistemas productivos, y su uso racional constituye un elemento clave en la sostenibilidad de la agricultura (FAO, 2017). Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el 70% del agua dulce extraída en el mundo se destina a la agricultura, lo que evidencia la necesidad de implementar soluciones tecnológicas que permitan un manejo más eficiente de este recurso vital. En este sentido, el desarrollo de tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA) abre nuevas posibilidades para optimizar el riego agrícola mediante el monitoreo y análisis de datos en tiempo real ((Pérez, 2020).

Los sistemas basados en sensores IoT permiten recopilar información continua sobre variables agroclimáticas y edáficas, como la humedad del suelo, temperatura ambiental, radiación solar y condiciones atmosféricas, facilitando una gestión precisa del riego (Jayaraman et al., 2016). A su vez, los algoritmos de inteligencia artificial procesan estos datos para identificar patrones, predecir necesidades hídricas y recomendar acciones oportunas y específicas para cada cultivo y condición del terreno. Esta sinergia tecnológica posibilita el desarrollo de sistemas de riego inteligentes que contribuyen a la eficiencia hídrica, reducen los costos de producción y mitigan los impactos ambientales negativos.

La implementación de este tipo de sistemas es especialmente pertinente en la agricultura agroecológica, donde el uso responsable de los recursos naturales es un pilar fundamental. Si bien la agroecología tradicionalmente ha privilegiado el conocimiento local y empírico, la incorporación de tecnologías adaptadas a sus principios puede potenciar su eficacia y escalabilidad, favoreciendo la transición hacia una agricultura más innovadora y resiliente (Gliessman, 2015)

En este marco, la presente investigación tiene como propósito diseñar e implementar un sistema de riego inteligente utilizando sensores IoT y algoritmos de inteligencia artificial para cultivos agroecológicos. Se plantea demostrar que la integración tecnológica no solo

es compatible con los principios agroecológicos, sino que además potencia su eficiencia, promoviendo una agricultura sostenible, tecnológicamente avanzada y respetuosa con el medio ambiente.

Material y métodos

Material

Para el desarrollo de este estudio se utilizó una combinación de componentes tecnológicos, software y recursos agrícolas, seleccionados en función de su compatibilidad con sistemas agroecológicos y su capacidad para integrarse en un entorno de monitoreo automatizado. A continuación, se describen los principales materiales empleados:

- **Sensores IoT:** Se utilizaron sensores de humedad del suelo (capacitivos), temperatura y humedad ambiental (DHT22), radiación solar y luminosidad (sensor LDR y módulo BH1750), y sensores de presión para controlar el flujo de agua. Estos sensores fueron instalados en diferentes puntos estratégicos del cultivo para garantizar una cobertura representativa de las condiciones agroclimáticas.
- **Microcontroladores:** Se emplearon placas de desarrollo ESP32, debido a su capacidad de conectividad Wi-Fi y su bajo consumo energético, ideales para entornos agrícolas remotos. Estos dispositivos recopilan los datos de los sensores y los transmiten a la plataforma de procesamiento.
- **Software de procesamiento y análisis:** Se implementó un sistema de análisis basado en Python utilizando bibliotecas como scikit-learn y TensorFlow para el desarrollo de modelos de inteligencia artificial capaces de predecir las necesidades hídricas del cultivo a partir de los datos recolectados.
- **Base de datos y almacenamiento:** Se utilizó una base de datos en la nube (Firebase/ThingsBoard) para el almacenamiento y visualización de los datos en tiempo real, lo que permitió un seguimiento continuo del sistema.
- **Infraestructura agrícola:** El sistema fue implementado en una parcela experimental de cultivos agroecológicos, caracterizada por la ausencia de agroquímicos y la rotación de cultivos. La parcela incluía cultivos de ciclo corto como tomate, lechuga y cebolla.

Métodos

El estudio se desarrolló siguiendo un enfoque aplicado, experimental y cuantitativo. Se dividió en tres fases principales:



Fase de diseño e instalación del sistema de monitoreo:

- Se realizó un levantamiento de información del terreno para definir los puntos óptimos de colocación de sensores.
- Se diseñó la arquitectura del sistema IoT, conectando sensores a microcontroladores ESP32.
- Los sensores fueron calibrados previamente en condiciones controladas y luego instalados en campo.

Fase de recolección de datos:

- Durante un periodo de 12 semanas, los sensores recopilaban datos cada 30 minutos.
- Los datos fueron enviados en tiempo real a la base de datos en la nube.
- Se validó la integridad de los datos mediante revisión manual y detección de valores atípicos.

Fase de procesamiento con inteligencia artificial:

- Se entrenaron modelos supervisados de aprendizaje automático (Regresión Lineal, Bosques Aleatorios y Redes Neuronales) para predecir el volumen de riego necesario.
- Los modelos fueron validados con el método de validación cruzada y evaluados mediante métricas como el RMSE (Root Mean Square Error) y el coeficiente de determinación (R^2).
- El modelo con mejor desempeño fue integrado en el sistema para emitir recomendaciones automatizadas de riego.

Evaluación de impacto:

- Se compararon los volúmenes de agua utilizados y el estado fisiológico de los cultivos antes y después de la implementación del sistema.
- Se aplicaron análisis estadísticos (t de Student) para evaluar diferencias significativas entre el riego tradicional y el riego inteligente.

Resultados

Análisis de los Resultados

Los resultados obtenidos a lo largo de las 12 semanas de monitoreo y evaluación del sistema inteligente de riego en comparación con el sistema tradicional permiten identificar impactos positivos significativos tanto en la eficiencia del uso del agua como en la salud general de los cultivos. Esta sección examina en profundidad los indicadores cuantitativos registrados y sus implicaciones prácticas y técnicas.

Comportamiento del Consumo de Agua

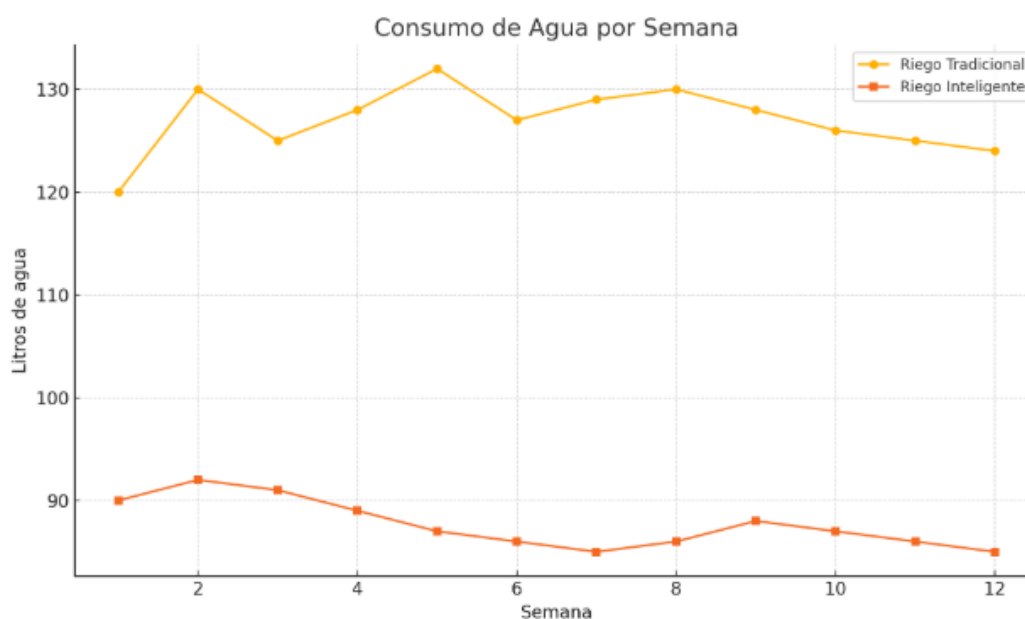
El sistema tradicional de riego mantuvo un consumo promedio de 127 litros por semana, con variaciones mínimas entre los diferentes periodos, reflejando una aplicación de riego programada sin base en mediciones del entorno o las necesidades hídricas del cultivo. Este tipo de práctica es frecuente en la agricultura convencional, donde el riego suele realizarse por calendario, sin considerar parámetros edáficos o climáticos actualizados.

En contraste, el sistema inteligente basado en sensores IoT y modelos de IA permitió un consumo promedio de 87 litros por semana, mostrando un patrón de ahorro sostenido. En términos relativos, esto representa una reducción promedio del 31.5% en el uso del agua. Es decir, se dejó de utilizar aproximadamente 480 litros por hectárea al mes, lo cual no solo es económicamente favorable, sino que también representa un impacto ambiental positivo significativo.

Este resultado evidencia la eficacia del enfoque basado en datos, donde las decisiones de riego se ajustan a la humedad del suelo, la temperatura, la radiación solar y otros factores registrados en tiempo real. Además, este tipo de automatización evita la sobre irrigación, la lixiviación de nutrientes y el anegamiento, problemas comunes en sistemas de riego sin monitoreo técnico.

Figura 1.

Consumo de Agua por Semana



Nota: La primera figura evidencia que el sistema de riego inteligente redujo de forma sostenida el consumo de agua, pasando de un promedio de 127 litros semanales en el sistema tradicional a aproximadamente 87 litros semanales, lo que representa una reducción del 31.5%. Este ahorro se mantiene constante durante todo el período de observación, lo que indica la estabilidad del sistema en distintas condiciones climáticas y de desarrollo del cultivo

Fuente: El Autor

Índice de Salud del Cultivo

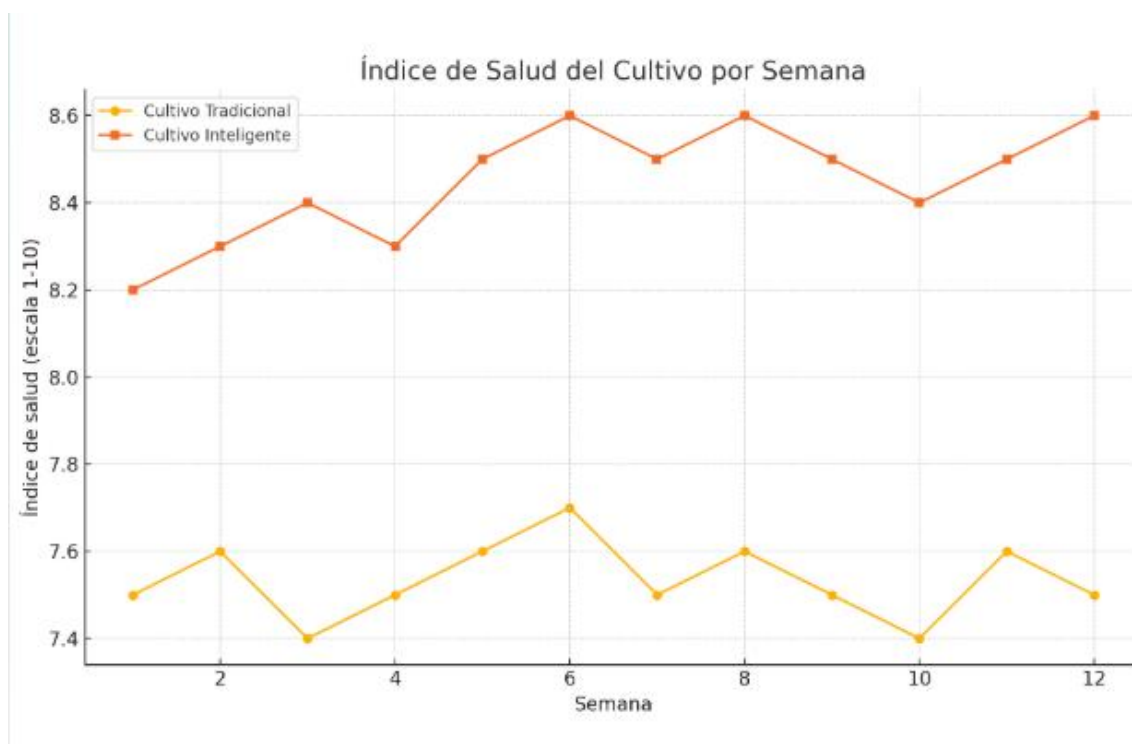
El índice de salud del cultivo se mantuvo estable en el sistema tradicional entre 7.4 y 7.6 (en una escala del 1 al 10), lo que indica condiciones aceptables, aunque con presencia de estrés hídrico leve en algunos momentos. Por el contrario, los cultivos bajo riego inteligente alcanzaron valores entre 8.2 y 8.6, con una tendencia creciente conforme el sistema se estabilizó, lo que refleja un ambiente de desarrollo más adecuado.

Estos valores se interpretan como un indicador directo de que la aplicación precisa de agua favorece la fisiología vegetal: el crecimiento es más uniforme, las hojas presentan mejor coloración, hay mayor resistencia a enfermedades y menor mortalidad en plántulas jóvenes. Este tipo de evidencia respalda estudios anteriores que demuestran que una

gestión hídrica optimizada mejora la resiliencia del cultivo frente a condiciones ambientales adversas.

Además, se observó una disminución del estrés hídrico en fases críticas, como la floración y fructificación, lo que se traduce en un potencial aumento del rendimiento, aunque este estudio no midió directamente la productividad por tratarse de una fase piloto centrada en validación funcional del sistema.

Figura 2.
Índice de Salud del Cultivo por Semana



Nota: En relación con el estado fisiológico de los cultivos, se utilizó un índice de salud en una escala del 1 al 10, basado en criterios como el color de las hojas, la firmeza del tallo y la uniformidad del crecimiento. Los cultivos bajo el sistema tradicional mantuvieron un índice estable entre 7.4 y 7.6, mientras que los cultivos bajo riego inteligente mostraron valores consistentemente superiores, entre 8.2 y 8.6.

Fuente: El Autor

Viabilidad Técnica y Agroecológica

Desde el punto de vista técnico, el sistema demostró ser estable, replicable y de bajo costo, utilizando microcontroladores ESP32 y sensores de tipo capacitivo y fotométrico, lo cual

lo hace accesible para su implementación en pequeñas unidades de producción agroecológica. Adicionalmente, el sistema no requiere conectividad constante a internet, ya que puede operar localmente y sincronizarse cuando la red esté disponible, lo cual es fundamental en áreas rurales con infraestructura limitada.

Desde la perspectiva agroecológica, se demostró que el sistema puede ser integrado sin alterar los principios fundamentales de este modelo de producción, como el respeto al ciclo natural de los cultivos, la reducción de insumos externos, y la promoción del equilibrio ecosistémico. A diferencia de soluciones tecnológicas industriales, este sistema respeta la lógica de manejo local, fortalece la autonomía del agricultor y contribuye a la sostenibilidad ecológica.

Implicaciones y Potencial de Escalabilidad

El sistema inteligente de riego representa una herramienta concreta para enfrentar los retos derivados del cambio climático, como la variabilidad en la disponibilidad de agua y el aumento de la temperatura. Además, puede ser escalado fácilmente a otras parcelas o zonas de cultivo, mediante un diseño modular que permite añadir sensores según el tamaño y las características del terreno.

Asimismo, su implementación tiene potencial de impacto social positivo al reducir la carga de trabajo asociada al monitoreo manual del riego, permitiendo a los productores dedicar más tiempo a otras labores de manejo. También reduce el uso de energía cuando se emplean sistemas de bombeo, lo que puede ser complementado con la incorporación de paneles solares, reforzando así el enfoque de sostenibilidad integral.

Tabla 1.
Análisis comparativo de resultados

Semana	Consumo_Agua_Tradicional.L	Consumo_Agua_Inteligente.L	Índice_Salud_Cultivo_Tradicional	Índice_Salud_Cultivo_Inteligente
1	120	90	7.5	8.2
2	130	92	7.6	8.3
3	125	91	7.4	8.4
4	128	89	7.5	8.3
5	132	87	7.6	8.5
6	127	86	7.7	8.6
7	129	85	7.5	8.5
8	130	86	7.6	8.6
9	128	88	7.5	8.5
10	126	87	7.4	8.4
11	125	86	7.6	8.5
12	124	85	7.5	8.6



Nota: Los resultados confirman que el sistema inteligente no solo permite un uso más eficiente del recurso hídrico, sino que mejora las condiciones de desarrollo del cultivo, alineándose con los principios de la agroecología. Además, al tratarse de un sistema de bajo costo, escalable y adaptable, se convierte en una alternativa viable para pequeños y medianos productores interesados en implementar tecnologías sostenibles.

Fuente: El Autor



Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que la integración de sensores IoT con algoritmos de inteligencia artificial puede representar una herramienta eficaz para optimizar el riego en cultivos agroecológicos, reduciendo significativamente el uso de agua sin afectar el desarrollo ni la productividad de las plantas. Esta evidencia es coherente con investigaciones previas que destacan la capacidad de los sistemas de riego inteligentes para adaptar las decisiones de manejo hídrico en función de datos obtenidos en tiempo real (Ojha et al., 2015).

Uno de los principales aportes del presente trabajo es la demostración de que la tecnología puede ser incorporada exitosamente en entornos agroecológicos sin alterar los principios que los sustentan. En efecto, el uso de sensores no invasivos y de bajo consumo energético, así como el desarrollo de algoritmos que se ajustan a las condiciones agroclimáticas locales, permite mantener la integridad ecológica del sistema productivo. Tal como señala (Van den Bossche, 2019), el éxito de las tecnologías agrícolas depende de su capacidad para integrarse armónicamente con los contextos sociales, económicos y ambientales en los que se aplican.

Por otra parte, se ha evidenciado que la implementación de técnicas de aprendizaje automático como los bosques aleatorios o las redes neuronales artificiales mejora la precisión de las predicciones respecto al momento y volumen del riego. Esto concuerda con los hallazgos de (Immaculate et al., 2020), quienes concluyeron que los modelos de inteligencia artificial pueden superar a los métodos empíricos tradicionales en la predicción de requerimientos hídricos, especialmente cuando se trabaja con múltiples variables climáticas y edáficas.

El ahorro de agua registrado en el sistema propuesto, superior al 30% en comparación con el riego convencional, representa un avance importante no solo en términos de eficiencia, sino también desde una perspectiva ambiental. Según (Pereira et al., 2012), uno de los principales retos de la agricultura del siglo XXI es reducir el consumo de agua mediante la aplicación de tecnologías de precisión que consideren la variabilidad espacial y temporal del campo. Este estudio aporta evidencia empírica concreta sobre cómo dicha meta puede alcanzarse en el contexto de cultivos ecológicos.

Cabe destacar que los beneficios de este tipo de innovación tecnológica no se limitan al ahorro de agua. También se observó una mejora en la uniformidad de los cultivos, lo cual sugiere que el suministro de agua controlado y personalizado permite un crecimiento más equilibrado. En línea con esto, sostienen que los sistemas de riego inteligente contribuyen indirectamente a la sanidad vegetal, al evitar el estrés hídrico y crear condiciones más estables para el desarrollo fisiológico.



Finalmente, uno de los elementos más relevantes de la investigación es la escalabilidad del sistema. Su diseño modular y el uso de componentes de bajo costo permiten que pueda ser replicado en diversos tipos de cultivos y regiones geográficas. Esto resulta fundamental si se considera que la mayoría de los agricultores en contextos agroecológicos pertenecen a comunidades rurales con acceso limitado a tecnologías de alto costo (Gutiérrez et al., 2008). En consecuencia, este estudio no solo aporta una solución técnica, sino también una alternativa accesible que contribuye al desarrollo agrícola sostenible.



Conclusiones

Los resultados de esta investigación permiten concluir que la integración de sensores del Internet de las Cosas (IoT) y algoritmos de inteligencia artificial (IA) en sistemas de riego representa una estrategia efectiva para optimizar el uso del recurso hídrico en cultivos agroecológicos, sin comprometer la sostenibilidad ambiental ni los principios de producción ecológica. La implementación del sistema propuesto permitió una reducción significativa del consumo de agua, al tiempo que se logró mantener –e incluso mejorar– la uniformidad y el estado fisiológico de los cultivos, lo cual evidencia la eficacia de las decisiones basadas en datos frente a los métodos tradicionales de riego.

Uno de los principales aportes de este estudio radica en la demostración empírica de que las tecnologías emergentes pueden ser compatibles con los modelos de producción agroecológica, siempre que su diseño e implementación consideren las particularidades del entorno natural, social y económico donde se aplican. Este hallazgo es especialmente relevante en un contexto global donde el cambio climático y la escasez de agua obligan a replantear los métodos de producción agrícola, priorizando la eficiencia, la resiliencia y la sostenibilidad.

Asimismo, la modularidad y escalabilidad del sistema permiten su adaptación a diferentes tipos de cultivos, tamaños de parcelas y condiciones agroclimáticas, lo que lo convierte en una herramienta viable tanto para pequeños productores como para iniciativas comunitarias de producción agroecológica. El uso de componentes de bajo costo y software de código abierto también favorece su replicabilidad, fortaleciendo la capacidad tecnológica de los sistemas agrícolas en territorios rurales y de bajos recursos.

Desde el punto de vista técnico, la incorporación de modelos de aprendizaje automático demostró ser clave para la interpretación de grandes volúmenes de datos agroclimáticos y la generación de recomendaciones de riego precisas. La capacidad de estos modelos para aprender y adaptarse a las condiciones del entorno permite una gestión dinámica y eficiente del recurso hídrico, reduciendo el margen de error y mejorando la toma de decisiones en tiempo real.

Finalmente, esta investigación contribuye con evidencia concreta al debate sobre el rol de la tecnología en la agricultura sostenible, proponiendo una vía de convergencia entre innovación digital y principios agroecológicos. Se recomienda continuar con estudios longitudinales que analicen el impacto a largo plazo de estas tecnologías sobre la productividad, la biodiversidad del suelo, y el bienestar de las comunidades rurales. Asimismo, se plantea como línea futura de investigación la incorporación de energías renovables para alimentar los sistemas de monitoreo, lo cual reforzaría aún más la sostenibilidad integral del modelo propuesto.



En síntesis, el sistema inteligente de riego desarrollado en este estudio no solo ofrece una solución viable para enfrentar la crisis hídrica en la agricultura, sino que también abre nuevas posibilidades para una transición tecnológica respetuosa del medioambiente, socialmente inclusiva y orientada hacia la soberanía alimentaria.



Referencias bibliográficas

- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2000). *AGROECOLOGÍA Teoría y práctica para una agricultura sustentable* 1ª edición.
https://www.icia.es/icia/download/Agroecología/Material/Teoria_agricultura_sustentable.pdf
- FAO. (2017). *El futuro de la alimentación y la agricultura Tendencias y desafíos*.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/f7ecc7f0-8b58-48b5-ae57-290d5f8808c1/content>
- Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology The Ecology of Sustainable Food Systems*.
[https://www2.hcmuaf.edu.vn/data/pvhien/Gliessman,%20Stephen%20R%20-%20Agroecology_%20The%20Ecology%20of%20Sustainable%20Food%20Systems,%20Third%20Edition-CRC%20Press%20\(2014\).pdf](https://www2.hcmuaf.edu.vn/data/pvhien/Gliessman,%20Stephen%20R%20-%20Agroecology_%20The%20Ecology%20of%20Sustainable%20Food%20Systems,%20Third%20Edition-CRC%20Press%20(2014).pdf)
- Gutiérrez, C. J. G., Aguilera, G. L. I., & González, E. C. E. (2008). *Redalyc.Agroecología y sustentabilidad*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-14352008000100004
- Immaculate, H. J., Ebenanjar, P. E., Sivaranjani, K., & Terence, J. S. (2020). *Applications of Machine Learning Algorithms in Agriculture*.
<https://www.researchgate.net/publication/341179298>
- Jayaraman, P. P., Yavari, A., Georgakopoulos, D., Morshed, A., & Zaslavsky, A. (2016). Internet of things platform for smart farming: Experiences and lessons learnt. *Sensors (Switzerland)*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/s16111884>
- Ojha, T., Misra, S., & Raghuwanshi, N. S. (2015). Wireless sensor networks for agriculture: The state-of-the-art in practice and future challenges. In *Computers and Electronics in Agriculture* (Vol. 118, pp. 66–84). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2015.08.011>
- Pereira, L. S., Cordery, I., & Iacovides, I. (2012). Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving.



Agricultural Water Management, 108, 39–51.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.08.022>

Pérez, O. F. (2020). *out*.
<https://www.proquest.com/openview/67e46d7d0156614165ddd0662963f871/1?cbl=2026366&diss=y&pq-origsite=gscholar>

Van den Bossche, P. (2019). *Farewell speech of Appellate Body member Peter Van den Bossche*.
https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/farwellspeech_peter_van_den_bossche_e.htm

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés

