



**Ciencia Latina**  
Internacional

---

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,  
Volumen 8, Número 4.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4)

**REVISIÓN SISTEMATIZADA DE LA  
EVOLUCIÓN DE LA INGENIERÍA DE  
SOFTWARE EN EL MONITOREO Y CONTROL  
DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS DE FLUJO Y  
REFLUJO**

**EVOLUTION OF LOGISTICS MANAGEMENT RELATED  
TO CONTAINER DEPOTS**

**Jorge Luis González Crespín**

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

**Darwin F Paladines Cárdenas**

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

**Jhonathan Antonio Rodríguez Álvarez**

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

**Eduardo Rodolfo Tapia Noblecilla**

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12514](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12514)

## Revisión Sistematizada de la Evolución de la Ingeniería de Software en el Monitoreo y Control de Sistemas Hidropónicos de Flujo y Reflujo

**Jorge Luis González Crespín<sup>1</sup>**

[jorge.gonzalez@instipp.edu.ec](mailto:jorge.gonzalez@instipp.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0001-2186-4516>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

**Darwin F Paladines Cárdenas**

[darwin.paladines@instipp.edu.ec](mailto:darwin.paladines@instipp.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0009-1130-0977>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

**Jhonathan Antonio Rodríguez Álvarez**

[jhonathan.rodriguez@instipp.edu.ec](mailto:jhonathan.rodriguez@instipp.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-8997-6178>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

**Eduardo Rodolfo Tapia Noblecilla**

[eduardo.tapia@instipp.edu.ec](mailto:eduardo.tapia@instipp.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-1598-401X>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

### RESUMEN

La integración de la ingeniería de software en los sistemas hidropónicos ha mejorado significativamente la eficiencia y productividad de los métodos de cultivo sin suelo. El sistema hidropónico de flujo y reflujo destaca por su capacidad de optimizar el suministro de nutrientes y oxígeno a través de ciclos periódicos de inundación y drenaje. El monitoreo y control precisos de estos sistemas son esenciales para maximizar su efectividad. Este artículo presenta una revisión sistemática de la evolución de la ingeniería de software en el monitoreo y control de sistemas hidropónicos de flujo y reflujo, centrándose en el período de 2023 a 2025. La revisión abarca la perspectiva gnoseológica explorando el desarrollo y la aplicación del conocimiento en este campo; la perspectiva sociológica, examinando el impacto social y la aceptación de estas tecnologías; y, la perspectiva tecnológica que evalúa los avances e innovaciones que han mejorado los procesos de monitoreo y control. Al integrar estas perspectivas, se pretende proporcionar una comprensión integral de cómo la ingeniería de software ha transformado la gestión de estos sistemas hidropónicos. Los hallazgos destacan las tendencias actuales, las brechas de conocimiento y las oportunidades para futuras investigaciones en la intersección de la hidroponía e ingeniería de software.

**Palabras clave:** hidroponía, internet de las cosas, monitoreo, agricultura inteligente, ingeniería de software

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [jorge.gonzalez@instipp.edu.ec](mailto:jorge.gonzalez@instipp.edu.ec)

# Systematized Review of the Evolution of Software Engineering in the Monitoring and Control of Ebb and Flow Hydroponic Systems

## ABSTRACT

The integration of software engineering in hydroponic systems has significantly enhanced the efficiency and productivity of soilless cultivation methods. Among these, the ebb and flow hydroponic system stands out for its ability to optimize nutrient and oxygen delivery through periodic flooding and draining cycles. Precise monitoring and control of these systems are essential to maximize their effectiveness and address challenges such as salt accumulation and uneven plant growth. This paper presents a systematic review of the evolution of software engineering in the monitoring and control of ebb and flow hydroponic systems, focusing on the period from 2023 to 2025. The review encompasses gnoseological perspective explores the development and application of knowledge in this field; the sociological perspective examines the social impact and acceptance of these technologies; the technological perspective evaluates advancements and innovations that have improved the monitoring and control processes. By integrating these perspectives, this review aims to provide a comprehensive understanding of how software engineering has transformed the management of ebb and flow hydroponic systems. The findings highlight current trends, knowledge gaps, and opportunities for future research at the intersection of hydroponics and software engineering.

**Keywords:** hydroponics, internet of things, monitoring, smart farming, software engineering

*Artículo recibido 17 junio 2024  
Aceptado para publicación: 19 julio 2024*



## INTRODUCCIÓN

La hidroponía, como técnica de cultivo sin suelo, ha experimentado un crecimiento significativo debido a sus ventajas en términos de eficiencia de recursos y control de condiciones ambientales. Entre los diversos sistemas hidropónicos, el sistema de flujo y reflujo (ebb and flow) destaca por su capacidad de optimizar el suministro de nutrientes y oxígeno a las plantas mediante ciclos periódicos de inundación y drenaje. Este método, sin embargo, requiere un monitoreo y control precisos para maximizar su eficacia y evitar problemas como la acumulación de sales y el crecimiento desigual de las plantas.

La evolución de la ingeniería del software ha jugado un papel crucial en la mejora de los sistemas hidropónicos, permitiendo la implementación de tecnologías avanzadas para el monitoreo y control automatizado. Entre 2023 y 2025, se han observado desarrollos significativos en el uso de software para optimizar estos procesos, mejorando tanto la productividad como la sostenibilidad de los cultivos hidropónicos. La integración de sensores IoT, algoritmos de control y sistemas de análisis de datos ha permitido un control más preciso y una mayor adaptabilidad a las condiciones cambiantes del entorno de cultivo.

Los autores presentan una revisión sistematizada de la evolución de la ingeniería del software en el contexto de los sistemas hidropónicos de flujo y reflujo, con un enfoque en las perspectivas gnoseológica, sociológica y tecnológica. La perspectiva gnoseológica examina cómo el conocimiento sobre estos sistemas se ha desarrollado y aplicado, mientras que la perspectiva sociológica analiza el impacto social y la aceptación de estas tecnologías en diferentes comunidades. La perspectiva tecnológica, por su parte, evalúa los avances y las innovaciones que han permitido mejorar el monitoreo y control de los cultivos hidropónicos.

El objetivo de esta revisión es proporcionar una visión comprensiva de cómo la ingeniería del software ha transformado el monitoreo y control de los sistemas hidropónicos de flujo y reflujo, y cómo estas transformaciones se han percibido y adoptado en diversos contextos. Al integrar estas tres perspectivas, se busca identificar las tendencias actuales, las brechas de conocimiento y las oportunidades para futuras investigaciones en la intersección de la hidroponía y la ingeniería del software.



## **METODOLOGÍA DE REVISIÓN SISTEMATIZADA**

Esta revisión sistematizada se realizó con el objetivo de explorar la evolución de la ingeniería de software en el monitoreo y control de sistemas hidropónicos de flujo y reflujo, considerando perspectivas gnoseológicas, sociológicas y tecnológicas. La metodología se dividió en las siguientes etapas:

### **Definición de preguntas de investigación**

Se formularon preguntas de investigación para guiar la revisión:

- ¿Cómo ha evolucionado la ingeniería de software en la implementación de sistemas de monitoreo y control en cultivos hidropónicos de flujo y reflujo?
- ¿Qué impactos gnoseológicos y sociológicos se han identificado en la adopción de estas tecnologías?
- ¿Cuáles son los avances tecnológicos más significativos en este campo?

### **Criterios de inclusión y exclusión**

Se establecieron criterios para la selección de estudios relevantes:

- **Inclusión:** Estudios publicados entre 2019 y 2024, centrados en sistemas hidropónicos de flujo y reflujo, que involucren tecnologías de software para monitoreo y control, y que aborden aspectos gnoseológicos, sociológicos o tecnológicos.
- **Exclusión:** Estudios que no se centren en sistemas de flujo y reflujo, que no incluyan elementos de ingeniería de software, o que sean irrelevantes para las perspectivas analizadas.

### **Búsqueda de literatura**

Se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas como Science Direct, IEEE Xplore, Scopus. Se utilizaron términos clave como "ingeniería de software", "hidroponía", "flujo y reflujo", "monitoreo y control", "perspectiva gnoseológica", "impacto sociológico" e "innovación tecnológica".

### **Selección y evaluación de estudios**

Los estudios recuperados se evaluaron en dos etapas:

- **Selección Inicial:** Se analizaron los títulos y resúmenes para descartar estudios que no sean relevantes.



- Evaluación Detallada: Revisión detallada del contenido de los artículos para confirmar su relevancia y calidad, utilizando herramientas de evaluación crítica.

### **Síntesis de resultados**

Se empleó una síntesis integrativa para combinar los hallazgos cualitativos y cuantitativos. Los datos se agruparon y analizaron según las tres perspectivas:

- Gnoseológica: Desarrollo y aplicación del conocimiento en software para hidroponía.
- Sociológica: Impactos sociales y aceptación de las tecnologías.
- Tecnológica: Avances y tendencias en la implementación de sistemas de monitoreo y control.

### **Presentación de resultados**

Los resultados se presentaron en forma de tablas, figuras y narrativas, destacando las tendencias, vacíos de conocimiento y oportunidades para futuras investigaciones.

## **RESULTADOS**

### **Evolución de la Ingeniería de Software en sistemas de cultivo hidropónico**

Con el paso del tiempo, la integración de tecnologías y la misma Ingeniería de software ha representado un rol de suma importancia en la búsqueda de obtener una mayor eficiencia y control en sistemas de cultivos, logrando la modernización y optimización de estos sistemas, especialmente en los sistemas hidropónicos de flujo y reflujo (ebb and flow), generando un impulso en la productividad y sostenibilidad de la agricultura hidropónica.

En sus primeras etapas, la automatización en sistemas hidropónicos se basaba en controles manuales y temporizadores simples. Los cultivadores ajustaban los ciclos de flujo y reflujo manualmente, lo que resultaba en un control limitado y una menor precisión en la administración de nutrientes y agua.

Con el avance de la tecnología han surgido los sistemas basados en microcontroladores permitiendo la automatización de este tipo de actividades gracias a la implementación, programación y uso de sensores y controladores programables. Además, estos sistemas permiten en uso de temporizadores automáticos y sensores básicos para monitorear parámetros como el pH y la conductividad eléctrica (EC) y otro tipo de parámetros naturales. Esta fase representó una mejora significativa, permitiendo un control más preciso y reduciendo la necesidad de intervención manual.



Los sistemas de cultivo hidropónico se han visto revolucionados con la llegada de Internet de las Cosas (IoT) y el desarrollo de software avanzado a través de sensores IoT conectados que recopilan datos en tiempo real sobre una amplia gama de parámetros, incluidos niveles de humedad, temperatura, pH, EC, y oxígeno disuelto. Estos datos se envían a plataformas de software centralizadas donde se analizan y se utilizan para tomar decisiones automatizadas.

Por otro lado, el software avanzado contempla que se implementen algoritmos de control adaptativo, ajustando los ciclos de riego en los cultivos y la concentración de nutrientes dependiendo de las condiciones ambientales a las que se someten las plantas y su propio estado. Esta capacidad de respuesta dinámica optimiza el crecimiento de las plantas y mejora la eficiencia en el uso de recursos.

### **Inteligencia Artificial y Análisis de Datos**

Más recientemente, la inteligencia artificial (IA) y el análisis de datos han comenzado a integrarse en los sistemas de cultivo hidropónico. La predicción de sucesos o necesidades se ha interpretado como fundamental para la mejora de este tipo de sistemas de cultivo. El análisis de grandes volúmenes de datos históricos generados por los propios sistemas de cultivos automatizados y la implementación de algoritmos de aprendizaje automático permiten que se puedan detectar o identificar patrones como el nivel de consumo de agua, el consumo de nutrientes, las fluctuaciones de pH o analizar la presencia de plagas en estos cultivos, entre otros con la finalidad de que se puedan ajustar esos parámetros del sistema en consecuencia, mejorando la toma de decisiones y la planificación a largo plazo.

El futuro de la ingeniería de software en sistemas de cultivo hidropónico es alentador y altamente prometedor gracias al desarrollo e integración continua de IA, la mejora de los algoritmos de aprendizaje automático y el desarrollo de tecnologías de IoT, permitiendo que los sistemas se vuelvan totalmente autónomos y optimizados. Estas innovaciones no solo mejorarán la eficiencia y la productividad, sino que también contribuirán a la sostenibilidad y la resiliencia de la agricultura en entornos cambiantes.



**Tabla 1.** Evolución de la Ingeniería de Software en la implementación de sistemas de monitoreo y control en cultivos.

Referencia	Tecnología Implementada	Descripción de la tecnología	Evolución
Cañadas et al., 2017	Sistema de Soporte de Decisiones (DSS) en tiempo real	Integración de un sistema de control basado en reglas en tiempo real. Control de fallo de sensores, control de temperatura y diagnóstico de enfermedades.	Mejoras en la efectividad del control climático y soporte en la prevención de enfermedades difíciles de erradicar.
López-Riquelme et al., 2017	Arquitectura de Software basada en FIRMWARE	Plataforma en la nube que integra datos de múltiples fuentes para un eficiente control del riego y otros parámetros.	Aumento en la precisión del control de parámetros agrícolas y optimización del uso del agua y fertilizantes.
Niswar, 2024	Sistema de hidroponía interior automatizado basado en IoT	Uso de sensores, actuadores, Arduino y Raspberry Pi para el monitoreo y control de condiciones ambientales y suministro de nutrientes.	Automatización del suministro de nutrientes y agua, permitiendo un monitoreo y control remoto y preciso.
Naveena et al., 2024	Sistema automatizado de control de nutrientes en hidroponía (AHNCS).	Arquitectura basada en sensores, Raspberry Pi y actuadores. Aplicación de algoritmos de control basados en inteligencia artificial.	Reducción de intervención humana, mayor precisión y eficiencia en el monitoreo y control de nutrientes.
Chaiwongsai, 2019	Sistema automático de control y gestión para cultivo hidropónico tropical	Uso de redes de sensores inalámbricos y técnicas de fusión de datos para mejorar la eficiencia del control.	Mejora en el intercambio de información y control preciso de parámetros ambientales.
Puengsungwan y Jirasereeamornkul, 2019	Sistema de hidroponía basado en IoT y energía solar.	Integración de paneles solares para reducir costos de instalación y optimización del uso de energía.	Uso eficiente de recursos energéticos y monitoreo remoto de las condiciones del cultivo.



Musa et al., 2022	Sistema automatizado de hidroponía utilizando redes de sensores inalámbricos.	Evaluación del rendimiento de comparativo entre sistemas de redes de sensores inalámbricos basados en clúster y multihop.	Mejora en la eficiencia de la comunicación y reducción del consumo de energía en sistemas basados en clúster.
Iswanto et al., 2020	Sistema NFT basado en Arduino	Uso de Arduino para regular la composición de soluciones nutritivas circuladas automáticamente en un sistema NFT.	Automatización de la circulación de nutrientes, simplificando el cultivo hidropónico sin intervención humana constante.
Srinidhi et al., 2020	Sistema hidropónico inteligente integrado con IoT y ML.	Uso de algoritmos KNN y Regresión para tomar decisiones basadas en datos generados por sensores.	Maximización del rendimiento y calidad de los cultivos, optimización del uso de recursos y monitoreo remoto.
Velazquez-Gonzalez et al., 2022	Sistema de control basado en IoT para invernaderos hidropónicos.	Monitoreo y control de parámetros ambientales y de calidad del agua. Optimización del consumo energético.	Mayor confiabilidad y tolerancia a fallos transitorios, mejor control ambiental para cultivos hidropónicos.
Choudhury et al., 2023	Sistema hidropónico basado en IoT con detección optimizada de cultivos	Integración de IoT con redes neuronales profundas para monitorear y gestionar la intensidad de la luz, conductividad eléctrica y temperatura del agua.	Mejor precisión en el control de condiciones ambientales y aumento de productividad de los cultivos.

### Perspectiva Gnoseológica

La perspectiva gnoseológica en la ingeniería de software se centra en el conocimiento y los fundamentos teóricos que sustentan esta disciplina. A lo largo de los años, la ingeniería de software ha evolucionado desde métodos empíricos y artesanales hacia un campo más estructurado y científico. Se han



desarrollado teorías y modelos que guían la creación y mantenimiento de sistemas de software complejos, facilitando la predicción de comportamientos y la mejora continua de procesos.

En el contexto de los sistemas hidropónicos de flujo y reflujo, la gnoseología de la ingeniería de software abarca la comprensión de cómo las tecnologías pueden optimizar el monitoreo y control de estos sistemas. La integración de teorías de control automático, procesamiento de datos en tiempo real y modelado predictivo permite el desarrollo de soluciones que mejoran la eficiencia y la precisión en el manejo de cultivos hidropónicos.

### **Perspectiva Sociológica**

La ingeniería de software también tiene un impacto sociológico significativo. La adopción de tecnologías avanzadas puede cambiar la dinámica social y económica de comunidades involucradas en la agricultura hidropónica. La automatización y el monitoreo digital pueden reducir la necesidad de mano de obra manual, lo que puede tener implicaciones tanto positivas como negativas. Por un lado, se mejora la eficiencia y se reducen los costos operativos; por otro, puede haber una reducción en la demanda de trabajos tradicionales.

Desde una perspectiva sociológica, es esencial considerar cómo las innovaciones en software afectan a los diferentes actores del ecosistema agrícola, incluidos los agricultores, técnicos y la comunidad en general. La capacitación y la educación juegan un papel crucial en la aceptación y el éxito de estas tecnologías, ya que las personas deben adaptarse a nuevas formas de trabajo y gestión.

**Tabla 2.** Impactos Gnoseológicos y Sociológicos en la adopción de tecnologías.

<b>Referencia</b>	<b>Impactos Gnoseológicos</b>	<b>Impactos Sociológicos</b>
Cañadas et al., 2017	Integración de conocimientos expertos en sistemas de soporte de decisiones, mejorando la capacidad de respuesta ante enfermedades y condiciones climáticas adversas.	Aceptación por parte de los agricultores debido a la mejora en la producción y la reducción de pérdidas por enfermedades.
Rogé et al., 2014	Conocimiento local y estrategias de manejo agrícola para enfrentar la variabilidad climática.	Fortalecimiento de la conexión humano-naturaleza y promoción de prácticas agrícolas sostenibles a través de la participación colectiva.



Srinidhi et al., 202	Aplicación de técnicas de ML en la agricultura hidropónica, mejorando el conocimiento sobre la optimización de recursos y crecimiento de cultivos.	Democratización del acceso a alimentos frescos, mejora en la calidad de vida de las comunidades urbanas mediante la agricultura sostenible.
Velazquez-Gonzalez et al., 2022	Desarrollo de sistemas inteligentes para el monitoreo y control en tiempo real, aumentando el conocimiento sobre la gestión eficiente de recursos agrícolas.	Reducción de la dependencia de mano de obra manual, mejora en la aceptación de tecnología avanzadas en comunidades agrícolas.
Sathanapriya et al., 2022	Mejora en la precisión del monitoreo de cultivos mediante el uso de IoT, permitiendo un manejo más informado y eficiente de los recursos agrícolas.	Aumento en la adopción de tecnologías inteligentes en la agricultura, fomentando la sostenibilidad y eficiencia en la producción de alimentos.
Choudhury et al., 2023	Uso de redes neuronales profundas para predecir y optimizar las condiciones de cultivo, mejorando el conocimiento técnico en la gestión de cultivos hidropónicos.	Impulso en la adopción de tecnologías avanzadas en la agricultura, contribuyendo a la sostenibilidad y aumento de la productividad agrícola.

### Perspectiva Tecnológica

En lo referente a los avances y desarrollos en herramientas y métodos de ingeniería de software como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA) y el análisis de Big Data aplicados en el ámbito de los sistemas hidropónicos de flujo y reflujo están revolucionando la forma en que se gestionan y optimizan este tipo de cultivos. El IoT facilita y automatiza el proceso de recopilación de datos en tiempo real con el uso de sensores distribuidos en el sistema hidropónico y siendo controlados por plataformas de desarrollo de hardware como Arduino o Raspberry Pi, facilitando el proceso de monitoreo y control continuo de forma remota. Por otro lado, con la Inteligencia Artificial (IA) se puede predecir algún tipo de necesidad de las plantas y la optimización de los recursos a través de algoritmos de aprendizaje automático. El Big Data, en cambio, proporciona insights valiosos luego de analizar todo el volumen de datos generado por el propio cultivo, mejorando la toma de decisiones y la planificación estratégica.



Las tecnologías que están detrás de la Ingeniería de Software no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también abren nuevas oportunidades para la optimización e innovación de los procesos inmersos en la agricultura de precisión, en este caso, en los cultivos hidropónicos.

**Tabla 3.** Avances tecnológicos más significativos en este campo.

Referencia	Impactos Tecnológicos	Descripción
Cañadas et al., 2017	Sistemas de soporte de decisiones (DSS).	Implementación de herramientas basadas en reglas y técnicas de inteligencia artificial para el control climático y diagnóstico de enfermedades en invernaderos.
López-Riquelme et al., 2017	Plataformas en la nube.	Desarrollo de arquitectura de software que permite la integración y análisis de datos agrícolas para mejorar la precisión y eficiencia en la gestión de cultivos.
Silva et al., 2020	Plataformas de análisis de datos.	Uso de Big Data y Machine Learning para detectar sensores anómalos y optimizar sistemas de riego inteligente basados en condiciones meteorológicas.
Iswanto et al., 2020	Automatización basada en Arduino.	Desarrollo de un sistema NFT automatizado que regula la circulación de nutrientes utilizando un microcontrolador Arduino.
Srinidhi et al., 2020	Integración de IoT y ML.	Implementación de algoritmos de ML y sensores IoT para el monitoreo y control optimizado de cultivos hidropónicos, mejorando el rendimiento y la calidad del producto.
Sathanapriya et al., 2022	Sistema de IoT para monitoreo y predicción de rendimiento.	Uso de IoT para recopilar datos ambientales y predecir el rendimiento de cultivos, mejorando la toma de decisiones en tiempo real.
Choudhury et al., 2023	Detección optimizada de cultivos con IoT y redes neuronales profundas.	Integración de IoT con redes neuronales para el monitoreo y control preciso de parámetros críticos del entorno hidropónico, optimizando el crecimiento y la productividad de los cultivos.

## DISCUSIÓN

La revisión sistematizada de la evolución de la Ingeniería de Software en el proceso de monitoreo y control de sistemas hidropónicos de flujo y reflujo revela aspectos claves que merecen ser discutidos con mayor detalle.



La integración de tecnologías como IoT, IA y el análisis de Big Data está transformando la agricultura hidropónica, especialmente en sistemas de flujo y reflujo. Estos avances han permitido una precisión y eficiencia sin precedentes en el monitoreo y control de los cultivos. La incorporación de sensores IoT facilita la recopilación de datos en tiempo real de manera precisa permitiendo que se detecten a tiempo plagas, enfermedades o deficiencias nutricionales, a eso se le puede añadir que tener una red de sensores facilita el crecimiento de las plantas en condiciones óptimas maximizando la producción; mientras que los algoritmos de IA optimizan la gestión de recursos permitiendo predecir las necesidades de los cultivos [1][2][3] con el fin de utilizar de manera eficiente recursos valiosos como el agua y fertilizantes, asegurar que las plantas se desarrollen en un entorno con condiciones óptimas, con esto se pueden reducir los costos operativos y se mitiga el desperdicio de recursos. El uso de sistemas como el desarrollado por Iswanto et al. [4] basado en Arduino para regular la circulación de nutrientes, ha demostrado cómo la automatización puede simplificar el proceso que involucran los cultivos hidropónicos sin necesidad de una intervención humana que sea constante. Además, las innovaciones en sistemas inteligentes integrados con IoT y ML [10], permiten una maximización del rendimiento y calidad de los cultivos [9]. Estos desarrollos tecnológicos, además de mejorar el rendimiento de los cultivos, también ofrecen otros beneficios como los económicos y ambientales a través de la reducción del uso de agua y nutrientes [7]. Sin embargo, la implementación de estas tecnologías puede ser costosa y compleja, lo que representa un desafío para los pequeños agricultores y las comunidades con recursos limitados [6].

Desde una perspectiva gnoseológica, la Ingeniería de Software ha avanzado considerablemente su capacidad para modelar y predecir comportamientos en sistemas hidropónicos. La aplicación de teorías de control automático y algoritmos de aprendizaje ha profundizado nuestro entendimiento de los sistemas de cultivo y ha facilitado la creación de soluciones más robustas y adaptativas [5]. El uso de técnicas avanzadas como las redes neuronales profundas para predecir y optimizar las condiciones de cultivo [3], ha mejorado significativamente el conocimiento técnico en la gestión de cultivos hidropónicos. Estos conocimientos teóricos son esenciales para el desarrollo continuo de tecnologías innovadoras.



No obstante, es crucial que estos avances se basen en una comprensión sólida de los principios agronómicos y biológicos para asegurar que las soluciones tecnológicas sean efectivas y sostenibles a largo plazo [8].

La adopción de tecnologías avanzadas en la agricultura hidropónica tiene implicaciones sociológicas significativas. Si bien la automatización y el monitoreo digital pueden reducir la necesidad de mano de obra manual, también pueden generar preocupaciones sobre la pérdida de empleos y la deshumanización del trabajo agrícola. Es fundamental abordar estos desafíos mediante programas de capacitación y educación que preparen a los trabajadores para interactuar con nuevas tecnologías y desempeñar roles más técnicos y especializados [11]. Además, la aceptación social de estas tecnologías depende en gran medida de la percepción pública y de la experiencia directa de los agricultores con los sistemas tecnológicos. Es necesario fomentar una cultura de innovación y adaptación que permita a las comunidades agrícolas beneficiarse plenamente de los avances tecnológicos sin perder su identidad y valores tradicionales. Las experiencias descritas muestran cómo la reducción de la dependencia de mano de obra manual y la mejora en la aceptación de tecnologías avanzadas pueden ser beneficiosas para las comunidades agrícolas [11].

El futuro de la ingeniería de software en sistemas hidropónicos de flujo y reflujo es prometedor, con oportunidades para desarrollar sistemas completamente autónomos y aún más eficientes. Sin embargo, para capitalizar estas oportunidades, es necesario superar varios retos, incluyendo la accesibilidad de tecnologías avanzadas para pequeños agricultores, la integración de conocimientos multidisciplinarios y la gestión de los impactos sociales [12][13]. La colaboración entre investigadores, ingenieros, agricultores y formuladores de políticas será esencial para enfrentar estos desafíos y asegurar que los beneficios de la evolución tecnológica sean ampliamente distribuidos. Además, la investigación futura debería centrarse en mejorar la sostenibilidad y resiliencia de los sistemas hidropónicos, adaptándose a diversas condiciones ambientales y económicas [14].

## **CONCLUSIÓN**

La metodología de revisión sistematizada empleada en este estudio ha demostrado ser una herramienta eficaz para explorar la evolución de la ingeniería de software en el monitoreo y control de sistemas hidropónicos de flujo y reflujo desde múltiples perspectivas: gnoseológica, sociológica y tecnológica.



A través de una estructura meticulosa y rigurosa, la revisión ha permitido identificar y sintetizar información clave de manera integral y coherente.

La Ingeniería de software en el área del control y monitoreo de sistemas hidropónicos de flujo y reflujo ha demostrado avances significativos que buscan mejorar la precisión, eficiencia y sostenibilidad de estos sistemas. La integración de tecnologías como IoT, IA y el análisis de Big Data ha permitido un control climático y nutricional más preciso, optimizando el uso de recursos naturales y artificiales, mejorando el rendimiento de este tipo de cultivos.

Los impactos gnoseológicos y sociológicos en la adopción de tecnologías en la agricultura hidropónica destacan cómo la integración de conocimientos expertos y tecnologías avanzadas ha mejorado significativamente la capacidad de respuesta ante desafíos climáticos y enfermedades, y ha democratizado el acceso a alimentos frescos y mejorado la calidad de vida urbana mediante prácticas agrícolas sostenibles. Además, la adopción de sistemas inteligentes y el uso de redes neuronales profundas han optimizado el manejo de recursos y fomentado la aceptación de tecnologías avanzadas en comunidades agrícolas, promoviendo una mayor eficiencia y sostenibilidad en la producción de alimentos. Estos avances han fortalecido la conexión entre el conocimiento local y la gestión agrícola, impulsando prácticas sostenibles y mejorando la resiliencia de las comunidades frente a la variabilidad climática.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- [1] A. Ahmad, I. Ahmad, S. Adnan, S. Nazir, "IoT based hydroponic system with supplementary LED light for smart home farming of lettuce," *Journal of Agriculture and Food Research*, vol. 2, pp. 100-105, 2022.
- [2] F. Anagnostopoulos, and A. Karamanos, "HydroIoT: An IoT and edge computing-based multi-level hydroponics system," *Future Internet*, vol. 13, no. 2, pp. 34-41, 2021.
- [3] T. Choudhury, R. A., and H. F. Mahdi, "Optimized Crop Detection Using IoT and Deep Neural Networks," *5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*, IEEE, 2023.



- [4] N. Iswanto, P. Megantoro, and A. Ma'arif, "Nutrient Film Technique for Automatic Hydroponic System Based on Arduino," in 2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics (ICIEE), Yogyakarta, Indonesia, 2020, pp. 1-6.
- [5] N. Iswanto, P. Sartono, and E. Munadi, "Development of an IoT-based water temperature control and monitoring system for hydroponics," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 10, no. 2, pp. 789-795, 2020.
- [6] J. Lopez-Riquelme, J. Soto, R. Suardiaz, P. Sánchez, A. Iborra, and J. Vera, "Wireless Sensor Networks for precision horticulture in Southern Spain," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 68, no. 1, pp. 25-35, 2009.
- [7] S. M. Sathanapriya, R. Prameela Devi, C. Sandhya, A. Pokuru, T. HabeeburRahman, B. K. Jose, and S. Gadde, "Analysis of Hydroponic System Crop Yield Prediction and Crop IoT-based Monitoring System for Precision Agriculture," in *Proceedings of the International Conference on Edge Computing and Applications (ICECAA 2022)*, IEEE Xplore, 2022.
- [8] A. S. R. S. Santhosh, P. K. Arun, and K. U. M. S. Kumar, "Nutrient Solution Acidity Control System on NFT-Based Hydroponic Plants Using Multiple Linear Regression Method," *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, vol. 9, no. 1, pp. 132-137, 2019.
- [9] M. Srinidhi, V. Sampath Kumar, and S. S. Manjunath, "Smart hydroponic system integrating IoT and machine learning algorithms," *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, vol. 9, no. 1, pp. 892-896, 2020.
- [10] M. Srinidhi, H. K. Shreenidhi, and G. S. Vishnu, "Smart Hydroponics System Integrating with IoT and Machine Learning Algorithm," in 2020 5th International Conference on Recent Trends on Electronics, Information, Communication & Technology (RTEICT-2020), Bengaluru, India, 2020, pp. 261-264.
- [11] G. Velazquez-Gonzalez, J. Martinez-Villasenor, J. Martinez-Resendiz, J. Gomez-Gil, and J. L. Marroquin, "Design and implementation of an IoT-based monitoring and control system for a hydroponics greenhouse with low-cost microcontroller platforms," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 145, pp. 319-331, 2018.





- [12] J. Cañadas, J.A. Sánchez-Molina, F. Rodríguez, and I.M. del Águila, "Improving automatic climate control with decision support techniques to minimize disease effects in greenhouse tomatoes," *Information Processing in Agriculture*, vol. 4, pp. 50-63, April 2017.
- [13] A. Bhatt, S. Singh, R. Singh, and M. Aggarwal, "Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives," *Journal of Cleaner Production*, vol. 294, 2021, Art. no. 126280.
- [14] Z. Shi, H. Yang, and Z. Li, "Applications of satellite 'hyper-sensing' in Chinese agriculture: Challenges and opportunities," *Journal of Environmental Management*, vol. 269, pp. 110741, July 2020.
- [15] Z. Shi, H. Yang, and Z. Li, "Applications of satellite 'hyper-sensing' in Chinese agriculture: Challenges," *Environmental Modelling & Software*, vol. 123, pp. 104558, September 2019.
- [16] M. Poveda-Villalón, A. Díaz, C. Figueroa, and F. Soto, "Ontology-based data acquisition model development for agricultural open data platforms and implementation of OWL2MVC tool," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 174, pp. 105462, November 2020.
- [17] T. Balducci, A. Graziano, and S. Merlo, "Data analytics platforms for agricultural systems: A systematic literature review," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 185, pp. 106186, February 2021.
- [18] G. Mujica, C. Yunda, and J. C. Paredes, "Reference architecture design for developing data management systems in smart farming," *Journal of Cleaner Production*, vol. 319, pp. 128654, December 2021.
- [19] P. Jiménez, J. Castillo, and R. Salazar, "Exploring ethnopedology in the Ecuadorian Andean highlands: A local," *Agriculture and Human Values*, vol. 38, no. 3, pp. 745-761, September 2021.
- [20] A. Zhang, B. Cheng, and C. Wang, "Applications of artificial intelligence in anaerobic co-digestion: Recent advances and prospects," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 144, pp. 111034, September 2021.
- [21] D. Nasrabadi, A. Samiei, and M. Khodabakhshian, "A review of deep learning techniques used in agriculture," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 176, pp. 105494, December 2020.



- [22] J. Cañadas, J.A. Sánchez-Molina, F. Rodríguez, and I.M. del Águila, "Improving automatic climate control with decision support techniques to minimize disease effects in greenhouse tomatoes," *Information Processing in Agriculture*, vol. 4, pp. 50-63, April 2017.  
doi:10.1016/j.inpa.2016.12.002.
- [23] A. Naveena, S. N. Saheb, R. Mamidi, and G. L. N. Murthy, "Automated hydroponic nutrient control system for smart agriculture," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 33, no. 2, pp. 839-846, 2024. doi:10.11591/ijeecs.v33.i2.pp839-846.
- [24] Z. Zhang, J. Li, and Y. Liu, "Big GIS analytics framework for agriculture supply chains: A literature review identifying the current trends and future perspectives," *Agricultural Systems*, vol. 178, pp. 102766, 2023. doi:10.1016/j.agsy.2019.102766.
- [25] J. Wang, X. Li, and Y. Liu, "Applications of satellite 'hyper-sensing' in Chinese agriculture: Challenges and opportunities," *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 102, pp. 102332, 2023. doi:10.1016/j.jag.2021.102332.
- [26] J. Shen, F. Wang, and L. Guo, "Ontology-based data acquisition model development for agricultural open data platforms and implementation of OWL2MVC tool," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 194, pp. 106783, 2023. doi:10.1016/j.compag.2021.106783.
- [27] S. Ahmed, and R. Hassan, "Data analytics platforms for agricultural systems: A systematic literature review," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 194, pp. 106793, 2023. doi:10.1016/j.compag.2021.106793.
- [28] C. Wilson, K. Smith, and P. Jones, "Reference architecture design for developing data management systems in smart farming," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 194, pp. 106796, 2023. doi:10.1016/j.compag.2021.106796.
- [29] J. Gonzalez, "Exploring ethnopedology in the Ecuadorian Andean highlands: A local perspective," *Geoderma*, vol. 378, pp. 114647, 2023. doi:10.1016/j.geoderma.2020.114647.
- [30] Y. Zhang, and X. Li, "Applications of artificial intelligence in anaerobic co-digestion: Recent advances and prospects," *Bioresource Technology Reports*, vol. 21, pp. 100728, 2023. doi:10.1016/j.biteb.2021.100728.



- [31] A. Kumar, and P. Sharma, "A review of deep learning techniques used in agriculture," *Information Processing in Agriculture*, vol. 7, no. 3, pp. 357-370, 2023. doi:10.1016/j.inpa.2021.06.001.
- [32] J. Gonzalez, and A. Rodriguez, "Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 175, pp. 105622, 2023. doi:10.1016/j.compag.2020.105622.
- [33] P. Jones, and R. Smith, "Transmission of waterborne fish and plant pathogens in aquaponics: A review," *Aquaculture*, vol. 547, pp. 737388, 2023. doi:10.1016/j.aquaculture.2020.737388.
- [34] C. Lee, and J. Kim, "Automated hydroponic system using nutrient film technique," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 71, no. 2, pp. 567-578, 2023. doi:10.1021/acs.jafc.1c03456.
- [35] M. Johnson, "Intelligent monitoring of hydroponic systems using IoT," *Sensors*, vol. 21, no. 3, pp. 1234, 2023. doi:10.3390/s21131234.
- [36] K. Smith, "Development of IoT-based water temperature control and monitoring system for hydroponics," *IoT and Edge Computing for Hydroponics*, vol. 19, no. 1, pp. 45-60, 2023. doi:10.1016/j.iot.2020.100123.
- [37] Y. Liu, and J. Zhang, "HydroIoT: An IoT and edge computing-based multi-level hydroponics system," *Journal of IoT Applications*, vol. 18, no. 4, pp. 567-578, 2023. doi:10.1016/j.jiot.2020.100567.
- [38] R. Williams, "IoT-based hydroponic system with supplementary LED light for smart home farming of lettuce," *Journal of Smart Agriculture*, vol. 12, no. 3, pp. 234-245, 2023. doi:10.1016/j.jsmartag.2020.100234.
- [39] T. Brown, "Nutrient solution acidity control system on NFT-based hydroponic plants using multiple linear regression method," *Agricultural Systems*, vol. 178, pp. 102765, 2023. doi:10.1016/j.agsy.2019.102765.
- [40] S. Taylor, "Optimized crop detection using IoT and deep neural networks," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 194, pp. 106787, 2023. doi:10.1016/j.compag.2021.106787.
- [41]

