

# **HidroCultivo: Sistema de Monitoreo y Control en Procesos de Cultivos Hidropónicos aplicado en especies hortícolas (Lechuga sativa).**

Gleiston Guerrero<sup>[0000]</sup>, XXX<sup>[0000]</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo,  
Ecuador

[XX, XX]@uteq.edu.ec

**Abstract.**

**Keywords:**

## **1 Introducción**

En la actualidad, el interés por el cultivo casero ha ido en aumento. Cada vez es más frecuente observar que tanto hogares como edificios adquieren una vista más verde gracias al cultivo de flores y vegetales [1]. Esto debido a la creciente cantidad de personas que buscan mejorar su salud mediante la demanda de vegetales saludables, entre los cuales se encuentran los hidropónicos debido a los beneficios que se pueden obtener al consumirlos y a su conveniente forma de cultivo [2].

La hidroponía es una técnica de cultivo que no utiliza tierra y por lo tanto, puede ser realizada dentro de la ciudad. Se emplea una solución acuosa para suministrar los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Este método de cultivo se ha vuelto popular en las últimas décadas debido a sus múltiples ventajas, tales como la reducción del consumo de agua, la protección contra enfermedades del suelo y la posibilidad de optimizar el crecimiento de los cultivos en espacios limitados (Savvas y Gruda, 2018) [3]. La historia de la hidroponía se remonta a la antigua Babilonia, donde se cree que se utilizó para crear jardines colgantes. La primera evidencia escrita del uso de la hidroponía se puede encontrar en los escritos de los antiguos romanos, quienes utilizaron la técnica para cultivar plantas en áreas con suelos pobres [4].

Entre los sistemas modernos de cultivos hidropónicos se ha encontrado literatura muy interesante y altamente relacionada con el tema de estudio de este artículo [5][6]. Sin embargo, se encontraron algunas falencias que pueden ser resueltas en el sistema que se propone en este trabajo. Por ejemplo, el uso de la información obtenida mediante los diferentes sensores para utilizarse para diseñar diferentes reglas que controlen algunos actuadores como electro-válvulas, luces y electrobombas así como la adición automática del agua al sistema.

A diferencia de estos artículos, que presentan una serie de carencias ya mencionadas, el presente trabajo pretende mejorar las funcionalidades encontradas en los sistemas revisados y hacer uso de la información de los sensores para controlar el sistema de cultivos de forma automatizada, así logrando una producción de cultivos hidropónicos más eficiente a través de la implementación de un ambiente controlado centrándose en los nutrientes del agua circulante. Esto a su vez permitirá optimizar la calidad de los cultivos y reducir los costos e impactos ambientales asociados con los métodos de cultivo tradicionales.

Además, se llevaron a cabo pruebas para evaluar la eficiencia y sostenibilidad del sistema de cultivo hidropónico. Esto incluyó el seguimiento de la calidad y cantidad de los cultivos producidos, así como la medición de los recursos utilizados, como el agua y los nutrientes, todo esto haciendo uso de las propias herramientas de software que se desarrollaran lo que permitirá evaluar también la eficiencia de estas. Finalmente, se analizarán los costos y beneficios del sistema de cultivo hidropónico en comparación con otros métodos de cultivo, con el objetivo de determinar su viabilidad económica y su impacto en el medio ambiente.

El objetivo general de desarrollar un sistema de cultivo hidropónico eficiente y sostenible busca mejorar la producción de cultivos hortícolas a través de la creación de un ambiente controlado que permita la optimización de la calidad de los cultivos. Además, se busca reducir los costos y los impactos ambientales asociados con los métodos de cultivo tradicionales, al utilizar técnicas más eficientes y sostenibles. Los objetivos específicos, como el diseño e implementación de un sistema de cultivo adecuado, la realización de pruebas de eficiencia y sostenibilidad, y el análisis de costos y beneficios, buscan concretizar este objetivo general. En resumen, el objetivo del proyecto es desarrollar un sistema de cultivo hidropónico que permita mejorar la calidad de los cultivos, reducir costos y minimizar los impactos ambientales, ofreciendo una alternativa sostenible y eficiente para la producción de cultivos hortícolas.

## 2 Antecedentes

La agricultura ha sido siempre una actividad esencial en la economía de numerosos países de todo el mundo[7]. Sin embargo, en la actualidad, la tecnología del Internet de las Cosas (IoT) está siendo utilizada para mejorar la eficiencia de los procesos agrícolas. Esta tendencia ha tenido un impacto significativo en el desarrollo de las ciudades y en los hábitos de vida de sus habitantes, ya que ha provocado un desplazamiento de las tierras de cultivo a zonas más alejadas del área urbana. A pesar de esto, la demanda de alimentos sigue creciendo con el aumento de la población. Por esta razón, se propone en la siguiente investigación sobre el método de cultivo hidropónico como una alternativa innovadora y sostenible para producir alimentos de alta calidad de manera eficiente[8].

En las últimas décadas, la hidroponía ha ganado popularidad debido a su capacidad para producir cultivos de alta calidad en un ambiente controlado. La tecnología ofrece varias ventajas sobre los métodos agrícolas tradicionales, como el uso eficiente del agua y los nutrientes, los costos de producción reducidos y la capacidad de cultivar plantas en áreas donde el suelo es pobre o inutilizable [9]. Sin embargo, la hidroponía todavía enfrenta muchos desafíos, como el manejo integrado de plagas, la calidad del agua y los nutrientes, el control de las condiciones ambientales y la selección de cultivos adecuados. Con el fin de abordar estos problemas, se han llevado a cabo varios estudios para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad de la hidroponía [10].

Se han desarrollado varios trabajos al respecto, algunos permiten analizar y monitorear los datos [11][7][12][13], otros que utilizan inteligencia artificial [14][15][16][17][18][19][20], así mismo, otros ayudan a tomar decisiones[21].

(Un último párrafo de la organización del documento será redactado más adelante)

### 3 Estado del Arte

Se realizó una búsqueda de información en diferentes bases de datos bibliográficas y editoriales académicas tales como IEEE Xplore, MDPI y Springer. Se utilizó una cadena de búsqueda sobre Sistemas hidropónicos aplicando Internet de las cosas (IoT). La cual tiene como objetivo responder una o varias preguntas de investigación. La elaboración de esta investigación tiene como objetivo responder a la pregunta ¿Cuál es el estado del arte del desarrollo de sistemas inteligentes de seguimiento de cultivos hidropónicos? A continuación se resumen cada uno de las investigaciones encontradas.

"Development of an Automated Data Acquisition System for Hydroponic Farming "[22]. Este trabajo describe el desarrollo de un sistema hidropónico automatizado basado en Arduino que gestiona la nutrición, el pH y la intensidad de la luz de las plantas. La tecnología utilizada incluye Arduino UNO R3, sensor de pH, sensor de conductividad eléctrica, sensor de temperatura, sensor de luz y bomba de agua. La metodología utilizada incluye el uso de algoritmos de control PID para ajustar la concentración de nutrientes y el pH, y el control de la intensidad de la luz mediante el uso de un relé y un módulo de potencia de luz LED.

"Hyduino-Automated Hydroponics With an Arduino"[23]. Este trabajo describe la construcción de un sistema hidropónico automatizado basado en Arduino para el monitoreo de plantas. La tecnología utilizada incluye Arduino UNO, sensor de humedad del suelo, sensor de temperatura y humedad, bomba de agua y solenoide de riego. Se utilizó la API de Thingspeak para enviar datos desde el sistema de cultivo hidropónico a la plataforma de visualización. La metodología utilizada incluye el uso de una placa de expansión de entradas y salidas para conectar los sensores y actuadores, y el control de la bomba de agua y el solenoide de riego mediante el uso de un relé.

"Arduino Controlled Smart Hydroponic Modular System"[24]. Este trabajo describe el desarrollo de un sistema hidropónico automatizado basado en Arduino con conectividad a Internet de las cosas (IoT). La tecnología utilizada incluye Arduino UNO, sensor de humedad del suelo, sensor de pH, sensor de temperatura y humedad, motor de la bomba, módulo Wi-Fi ESP8266 y una aplicación móvil. Se utilizó la API de ThingSpeak para la visualización de datos y la API de IFTTT para la automatización de tareas. La metodología utilizada incluye el uso de una placa de expansión de entradas y salidas para conectar los sensores y actuadores, el control de la bomba mediante el uso de un relé y el envío de datos de los sensores a través del módulo Wi-Fi a una aplicación móvil para su monitoreo remoto.

"Design and implementation of an automation system for a nutrition pump in hydroponics using arduino uno "[25]. Este trabajo describe el diseño y la implementación de un sistema de control hidropónico basado en Arduino. La tecnología utilizada incluye Arduino UNO, sensor de humedad del suelo, sensor de temperatura y humedad, motor de la bomba, módulo Wi-Fi ESP8266 y una pantalla LCD. La metodología utilizada incluye el uso de una placa de expansión de entradas y salidas para conectar los sensores y actuadores, el control de la bomba mediante el uso de un relé y la visualización de los datos de los sensores en una pantalla LCD.

"Automated hydroponics nutrition plants systems using arduino uno microcontroller based on android "[26]. Este artículo describe un sistema de control de cultivo hidropónico basado en Arduino para monitorear y controlar el ambiente de crecimiento de las plantas utilizando sensores de humedad del suelo, temperatura, humedad y luz. Los datos se envían a una aplicación móvil para su visualización y control.

"Design, Construction and Testing of IoT Based Automated Indoor Vertical Hydroponics Farming Test-Bed in Qatar"[27]. El artículo describe el diseño, construcción y pruebas de un sistema de cultivo hidropónico vertical automatizado para interiores basado en IoT en Qatar. El sistema utiliza sensores y actuadores para controlar la luz, temperatura, humedad y nutrientes, y muestra una alta tasa de uso y mejor eficiencia en el agua y nutrientes en comparación con los sistemas convencionales.

"An Optimization Scheme Based on Fuzzy Logic Control for Efficient Energy Consumption in Hydroponics Environment"[28]. El artículo presenta un esquema de

optimización basado en lógica difusa para reducir el consumo de energía en un sistema de cultivo hidropónico mediante la regulación de la iluminación, ventilación y suministro de agua y nutrientes. Las pruebas realizadas en Corea del Sur demostraron que el esquema de optimización canceló una reducción significativa en el consumo de energía mientras se mantuvo la calidad del cultivo.

“PlantTalk: A Smartphone-Based Intelligent Hydroponic Plant Box”[29]. El artículo describe una caja inteligente para el cultivo hidropónico de plantas que se controla mediante un teléfono inteligente y una aplicación móvil. La caja inteligente utiliza sensores para medir las condiciones de cultivo y mejorar significativamente el crecimiento y la calidad del cultivo en comparación con los métodos de cultivo convencionales. El software utilizado en el artículo incluye Android Studio y el lenguaje de programación Java para desarrollar la aplicación móvil, así como Firebase para almacenar los datos recolectados del sistema hidropónico y permitir el acceso remoto a los mismos.

“Hommons: Hydroponic management and monitoring system for an IOT based NFT farm using web technology”[30]. El artículo trata sobre el desarrollo de un sistema de monitoreo y control hidropónico basado en IoT para una granja NFT (Nutrient Film Technique) utilizando tecnología web. El objetivo del sistema es monitorear y controlar las variables críticas de cultivo, como la temperatura, la humedad, el pH, la EC y la iluminación, en tiempo real, para asegurar un crecimiento saludable y óptimo de las plantas. El sistema utiliza una red de sensores para recopilar datos y una plataforma web para analizar, visualizar y controlar los datos. Además, se utiliza la plataforma ThingSpeak de IoT para el registro y análisis de datos.

El artículo "Automated Nutrition Doser for Hydroponic System Based on IoT"[31] se centra en la creación de un dosificador de nutrientes automatizado para sistemas hidropónicos utilizando tecnología IoT (Internet de las cosas). El sistema propuesto utiliza un sensor de conductividad eléctrica para medir la concentración de nutrientes en el agua y, en función de eso, ajusta la cantidad de nutrientes que se suministra a las plantas. Se usa la API ThingSpeak para almacenamiento de datos en la nube y automatización de la dosificación de nutrientes. El objetivo principal del trabajo es reducir la intervención humana en el proceso de dosificación de nutrientes en los sistemas hidropónicos, lo que puede mejorar la eficiencia y reducir los errores humanos.

Los trabajos mencionados comparten múltiples funcionalidades importantes, sin embargo, también presentan desventajas tales como el enfoque directo a cultivos en espacios grandes como granjas, comprobación del nivel del agua, información precisa y actualizada, etc. En este documento se presenta a HidroCultivo, sistema que resolverá las desventajas encontradas durante la revisión de literatura.

## **4 Descripción de la metodología propuesta para el Desarrollo Open Source: OSCRUM**

**Escribir su propuesta:**

#### 4.1 Tecnología utilizada para el desarrollo open source

### 5 Estudio de caso

### 6 Resultados del Estudio de Caso

### 7 Discusión de resultados

xx

### 8 Limitaciones

xxx

### 9 Conclusión y Trabajo Futuro

xx

## Referencias

- [1] R. Gashgari, K. Alharbi, K. Mughrbil, A. Jan, y A. Glolam, “Comparison between growing plants in hydroponic system and soil based system”, *Proc. World Congr. Mech. Chem. Mater. Eng.*, pp. 1–7, 2018, doi: 10.11159/icmie18.131.
- [2] J. Chaiwongsai, “Automatic Control and Management System for Tropical Hydroponic Cultivation”, en *2019 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, 2019, pp. 1–4. doi: 10.1109/ISCAS.2019.8702572.
- [3] D. Savvas y N. Gruda, “Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry - A review”, *Eur. J. Hortic. Sci.*, vol. 83, núm. 5, pp. 280–293, 2018, doi: 10.17660/eJHS.2018/83.5.2.
- [4] H. M. Resh, *HYDROPONIC Food Production. A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener*. 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781439878699>
- [5] F. J. Ferrández-Pastor, J. M. García-Chamizo, M. Nieto-Hidalgo, J. Mora-Pascual, y J. Mora-Martínez, “Developing Ubiquitous Sensor Network Platform Using Internet of Things: Application in Precision Agriculture”, *Sensors*, vol. 16, núm. 7, 2016, doi: 10.3390/s16071141.
- [6] A. Amaya y L. Cruz, “Diseño e implementación de un control de pH, conductividad y monitoreo del nivel de agua para el cuidado cultivos

- hidropónicos de uso doméstico”, p. 14, 2016.
- [7] M. Dutta *et al.*, “Monitoring Root and Shoot Characteristics for the Sustainable Growth of Barley Using an IoT-Enabled Hydroponic System and AquaCrop Simulator”, *Sustainability*, vol. 15, núm. 5, 2023, doi: 10.3390/su15054396.
  - [8] D. Rengifo, “Impacto de la expansión urbana sobre tierras productivas y sus repercusiones en la producción agrícola”, pp. 1–79, 2022, [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8621/1/T3777-MRI-Rengifo-Impacto.pdf>
  - [9] I. Papadopoulos, F. Chatzitheodoridis, P. Christos, T. Vasilios, y C. Gianneli, “Evaluation of Hydroponic Production of Vegetables and Ornamental Pot-Plants in a Heated Greenhouse in Western Macedonia, Greece”, *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, vol. 3, pp. 559–565, 2008, doi: 10.3844/ajabssp.2008.559.565.
  - [10] N. Sharma, S. Acharya, K. Kumar, N. Singh, y O. Chaurasia, “Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview”, *J. Soil Water Conserv.*, vol. 17, pp. 364–371, 2019, doi: 10.5958/2455-7145.2018.00056.5.
  - [11] D. R. A. Tambogon y A. N. Yumang, “Growth of Garlic in Hydroponic System with IoT-Based Monitoring”, en *2022 14th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)*, 2022, pp. 184–189. doi: 10.1109/ICCAE55086.2022.9762436.
  - [12] G. Marques, D. Aleixo, y R. Pitarma, “Enhanced Hydroponic Agriculture Environmental Monitoring: An Internet of Things Approach BT - Computational Science – ICCS 2019”, 2019, pp. 658–669.
  - [13] M. J. Ibarra-Cabrera, M. A. Cruz, C. R. Quispe Onofre, y S. F. Ochoa, “An IoT-Based System Architecture for Monitoring Hydroponic Growing in Urban Agriculture BT - Proceedings of the International Conference on Ubiquitous Computing & Ambient Intelligence (UCAmI 2022)”, 2023, pp. 622–633.
  - [14] C.-L. Chang, S.-C. Chung, W.-L. Fu, y C.-C. Huang, “Artificial intelligence approaches to predict growth, harvest day, and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.) in a IoT-enabled greenhouse system”, *Biosyst. Eng.*, vol. 212, pp. 77–105, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2021.09.015>.
  - [15] P. P. V, S. S. M, y S. S. C, “Robust Smart Irrigation System using Hydroponic Farming based on Data Science and IoT”, en *2020 IEEE Bangalore Humanitarian Technology Conference (B-HTC)*, 2020, pp. 1–4. doi: 10.1109/B-HTC50970.2020.9297842.
  - [16] M. Mehra, S. Saxena, S. Sankaranarayanan, R. J. Tom, y M. Veeramanikandan, “IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks”, *Comput. Electron. Agric.*, vol. 155, pp. 473–486, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.10.015>.
  - [17] K. Kour *et al.*, “Monitoring Ambient Parameters in the IoT Precision Agriculture Scenario: An Approach to Sensor Selection and Hydroponic Saffron Cultivation”, *Sensors*, vol. 22, núm. 22, 2022, doi: 10.3390/s22228905.
  - [18] K. Kour *et al.*, “Smart-Hydroponic-Based Framework for Saffron Cultivation: A Precision Smart Agriculture Perspective”, *Sustainability*, vol. 14, núm. 3, 2022, doi: 10.3390/su14031120.
  - [19] S. Park y J. Kim, “Design and Implementation of a Hydroponic Strawberry Monitoring and Harvesting Timing Information Supporting System Based on Nano AI-Cloud and IoT-Edge”, *Electronics*, vol. 10, núm. 12, 2021, doi: 10.3390/electronics10121400.

- [20] H. Andrianto, Suhardi, y A. Faizal, “Development of Smart Greenhouse System for Hydroponic Agriculture”, en *2020 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, 2020, pp. 335–340. doi: 10.1109/ICITSI50517.2020.9264917.
- [21] E. I. Putra, M. Cendana, y Y. Yaddarabullah, “Decision support system to determine hydroponic vegetable cultivation based on Internet of Things (IoT)”, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1098, núm. 6, p. 62007, mar. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1098/6/062007.
- [22] S. Tagle *et al.*, “Development of an Automated Data Acquisition System for Hydroponic Farming”, en *2018 IEEE 10th International Conference on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*, 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/HNICEM.2018.8666373.
- [23] austinsimonson, “Hyduino - Hidroponía automatizada con un Arduino”, *AUTODESK Instructables*, 2014. <https://www.instructables.com/Hyduino-Automated-Hydroponics-with-an-Arduino/>
- [24] L. A. M. Nuez, “Arduino Controlled Smart Hydroponic Modular System”, *hackster.io*, 2018. <https://www.hackster.io/luisantoniomartinnuez/arduino-controlled-smart-hydroponic-modular-system-0d65ad>
- [25] L. Ardhiansyah y D. A. Prasetya, “Design And Implementation Of An Automation System For A Nutrition Pump In Hydroponics Using Arduino Uno”, 2021, [En línea]. Disponible en: [http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/92723%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/92723/2/Lutfi\\_Ardhiansyah\\_Publication\\_Manuscript.pdf](http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/92723%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/92723/2/Lutfi_Ardhiansyah_Publication_Manuscript.pdf)
- [26] P. Sihombing, N. Karina, J. Tarigan, y M. Syarif, “Automated hydroponics nutrition plants systems using arduino uno microcontroller based on android”, *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 978, p. 12014, 2018, doi: 10.1088/1742-6596/978/1/012014.
- [27] M. E. H. Chowdhury *et al.*, “Design, Construction and Testing of IoT Based Automated Indoor Vertical Hydroponics Farming Test-Bed in Qatar”, *Sensors*, vol. 20, núm. 19, 2020, doi: 10.3390/s20195637.
- [28] A. Khudoyberdiev, S. Ahmad, I. Ullah, y D. Kim, “An Optimization Scheme Based on Fuzzy Logic Control for Efficient Energy Consumption in Hydroponics Environment”, *Energies*, vol. 13, núm. 2, 2020, doi: 10.3390/en13020289.
- [29] L.-D. Van *et al.*, “PlantTalk: A Smartphone-Based Intelligent Hydroponic Plant Box”, *Sensors*, vol. 19, núm. 8, 2019, doi: 10.3390/s19081763.
- [30] P. N. Crisnapati, I. N. K. Wardana, I. K. A. A. Aryanto, y A. Hermawan, “Hommons: Hydroponic management and monitoring system for an IOT based NFT farm using web technology”, en *2017 5th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 2017, pp. 1–6. doi: 10.1109/CITSM.2017.8089268.
- [31] A. Z. Purwalaksana, T. E. Gurning, E. Silaen, P. Tobing, A. O. Silalahi, y F. Simatupang, “Automated Nutrition Doser for Hydroponic System Based on IoT”, en *2022 IEEE International Conference of Computer Science and Information Technology (ICOSNIKOM)*, 2022, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICOSNIKOM56551.2022.10034874.