

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.618>

Monitoreo IoT en un Sistema Aeropónico para el cultivo de la Lechuga Orgánica

IoT Monitoring in an Aeroponic System for the cultivation of Organic Lettuce

Mitchell Jhon Vásquez Bermúdez

mitchell.vasquezb@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8157-8549>

Universidad Agraria del Ecuador /Universidad de Guayaquil

Guayaquil – Ecuador

Jorge Washington Hidalgo Larrea

jhidalgo@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9226-4171>

Universidad Agraria del Ecuador

Guayaquil – Ecuador

José Omar Salavarría Melo

jsalavarría@uagraria.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3608-5651>

Universidad Agraria del Ecuador

Guayaquil – Ecuador

Myrka Carchi

myrkacarchi16@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-9028-0564>

Universidad Agraria del Ecuador

Guayaquil – Ecuador

Artículo recibido: 25 de abril de 2023. Aceptado para publicación: 05 de mayo de 2023.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen


La tecnología de IoT se utiliza para monitorear y controlar varios parámetros, incluyendo la temperatura, la humedad, el pH y la concentración de nutrientes en el agua de cultivo. El propósito de la presente investigación es presentar una alternativa de monitoreo IoT del pH, nivel de agua y turbidez en el cultivo de la lechuga orgánica. Se realizó una plantación aeropónica a escala de bajo costo, la cual sirvió como prototipo de estudio utilizando tarjetas microcontroladoras para adquisición de datos, con el propósito de monitorear el comportamiento de las variables anteriormente mencionadas. La información se obtuvo a través de los sensores, que generan señales las cuales fueron dirigidas hacia las entradas del sistema. Los resultados del estudio indican que el sistema de monitoreo IoT fue efectivo en el seguimiento y control de las condiciones de cultivo, lo que mejoró significativamente la calidad de la lechuga orgánica producida. El artículo concluye que la tecnología IoT puede ser una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y la productividad en la producción de cultivos aeropónicos y, en general, en la agricultura de precisión.

Palabras clave: monitoreo IoT, lechuga orgánica, sensores, sistema aeropónico

Abstract

IoT technology is used to monitor and control various parameters, including temperature, humidity, pH, and nutrient concentration in the culture water. The purpose of the present research is to present an alternative IoT monitoring of pH, water level and turbidity in organic lettuce cultivation. A low-cost aeroponic plantation was made on a low-cost scale, which served as a study prototype using microcontroller cards for data acquisition, with the purpose of monitoring the behavior of the aforementioned variables. The information was obtained through the sensors, which generated signals that were directed to the system inputs. The results of the study indicate that the IoT monitoring system was effective in tracking and controlling the growing conditions, which significantly improved the quality of the organic lettuce produced. The article concludes that IoT technology can be a valuable tool for improving efficiency and productivity in aeroponic crop production and precision agriculture in general.

Keywords: IoT. monitoring, organic lettuce, sensors, aeroponic system, aeroponic system

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Como citar: Vásquez Bermúdez, M. J., Hidalgo Larrea, J. W., Salavarría Melo, J. O., & Carchi, M. (2023). Monitoreo IoT en un Sistema Aeropónico para el cultivo de la Lechuga Orgánica, *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(2), 380–390.
<https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.618>

INTRODUCCIÓN

La aeroponía es una tecnología de cultivo sin suelo, relativamente nueva que puede producir alimentos en ciudades con espacio limitado o en terrenos no cultivables con una alta eficiencia en el uso del agua (Li et al. 2018). La aeroponía es una técnica de cultivo innovadora y respetuosa con el medio ambiente que se considera uno de los métodos más útiles para el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria. A diferencia de otros sistemas de cultivo, la aeroponía utiliza una cantidad mínima de agua y nutrientes, lo que la convierte en una opción más eficiente y ecológica.

Además, gracias a la capacidad de la aeroponía para cultivar plantas en espacios pequeños y controlar el entorno de cultivo de manera precisa, se puede aumentar la producción de alimentos y reducir la huella de carbono de la agricultura (Lakhiar et al. 2018). Se convierte en una alternativa viable a otros sistemas de cultivo sin suelo para mantener las plantas con una atmósfera controlada en la zona de las raíces (Kratsch, Graves, and Gladon 2006). Una de las ventajas del cultivo sin suelo es que es posible una observación no invasiva del desarrollo del sistema radicular (Martinez-Nolasco et al. 2022).

Asimismo, pueden producir más cosechas al año gracias a la minimización de las pérdidas de las malas condiciones ambientales y las plagas, con un beneficio adicional para el medio ambiente gracias a la eliminación de pesticidas, herbicidas nocivos y gases de efecto invernadero por la aplicación de las técnicas tradicionales (Tunio et al. 2021).

En la actualidad, la recopilación de datos sobre el rendimiento de los cultivos en sistemas aeropónicos convencionales suele ser un proceso lento y tedioso, ya que los datos se recogen manualmente. Esto puede retrasar la identificación de problemas en el crecimiento de las plantas y limitar la capacidad de los agricultores para tomar decisiones informadas sobre la gestión de sus cultivos. En consecuencia, la temperatura de la zona radicular es uno de los factores más importantes que afectan al crecimiento de las plantas en el cultivo aeropónico.

Existen estudios que recopilan datos sobre la temperatura y la humedad relativa en un sistema aeropónico basado en el Internet de las cosas (IoT) (Mahrous et al. 2022). Lakhiar et al. (2018) llevaron a cabo una revisión exhaustiva de los factores ambientales en los sistemas aeropónicos, incluyendo el tamaño de las gotas de nutrientes, el pH y la conductividad eléctrica (CE) de los nutrientes, la luz, la temperatura, la humedad, la concentración de oxígeno disuelto, la frecuencia de nebulización y el depósito de nutrientes.

Los autores Kerns y Lee, (2017) presentaron un diseño de un sistema de aeroponía automatizado utilizando dispositivos IoT que se basan en tres componentes principales: una aplicación móvil, una plataforma de servicios y dispositivos con sensores. El objetivo de su trabajo era proporcionar una solución de bajo costo para los agricultores y los investigadores que deseen monitorear y controlar los factores ambientales en el cultivo aeropónico de manera remota.

Por otro lado, los autores Jamhari et al., (2020) proponen un diseño e implementación de un sistema aeropónico a escala de laboratorio que emplea IoT para el monitoreo en línea. Su sistema aeropónico contiene una cámara de crecimiento y una cámara de raíces para 6 plantas vegetales. La cámara de raíces fue diseñada como un espacio cerrado y oscuro que se asemeja al suelo. Su trabajo destaca la importancia de la similitud del entorno de crecimiento de la raíz con el suelo para lograr un crecimiento óptimo de las plantas.

El estudio de Narimani et al. (2021) presenta un invernadero aeropónico inteligente a escala experimental para el cultivo de geranios, en el que se monitorean continuamente las condiciones ambientales y el estado de las plantas mediante la integración de tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) y la inteligencia artificial (IA).

De la misma manera en un estudio, Saraswat et al. (2018) desarrollaron un sistema de monitoreo de parámetros que permitía la detección y registro de cambios en la temperatura y la humedad. Este sistema de monitorización basado en Android utiliza programación java y es de código abierto, además el usuario puede monitorizar el desarrollo de las plantas de espinacas, consultando los datos que se han almacenado en la base de datos para que los usuarios puedan conocer el desarrollo de la planta.

Además, se han realizado diversas evaluaciones de la viabilidad y sostenibilidad del cultivo aeropónico en invernaderos. Un ejemplo de ello es el estudio presentado por Barla, Salachas y Abeliotis (2020) que evaluaron las emisiones de gases de efecto invernadero en un invernadero automatizado durante el cultivo aeropónico de lechuga en Grecia.

Finalmente, los autores Riswandi et al., (2022) describen un sistema de IoT para monitorear y controlar la evapotranspiración en un entorno aeropónico. Su sistema consta de un microcontrolador, una computadora de placa única, sensores y actuadores. Los sensores del sistema recogen los datos de los parámetros del entorno de la planta, incluyendo la temperatura del aire, la humedad, el total de sólidos disueltos (TDS), el pH y la temperatura del agua. Su trabajo destaca la importancia de la monitorización y control de los parámetros ambientales para lograr un crecimiento óptimo de las plantas en el sistema aeropónico.

Con el objetivo de mejorar la eficiencia productiva y reducir los impactos ambientales negativos de la agricultura convencional, se propone la implementación de un sistema de cultivo aeropónico automatizado para el cultivo de lechuga. Este sistema controlará de manera precisa los parámetros de temperatura, humedad y tiempo de riego mediante la nebulización de nutrientes directamente en las raíces de las plantas. Se trata de un sistema de bajo costo, que utiliza Arduino y herramientas de Internet de las Cosas (IoT) para la monitorización remota de las variables, conectándose a un servidor web.

MÉTODO

Se llevó a cabo un experimento en un invernadero situado en Milagro, Ecuador, durante un periodo de 45 días que transcurrió desde inicios de julio hasta finales de agosto del año 2022. La superficie total del invernadero fue de 5x4 m², adecuado para aprovechar al máximo la luz natural.

Con el fin de reducir la temperatura del invernadero y crear un ambiente apropiado para el crecimiento de las plantas, se instalaron puertas y se sellaron para evitar la entrada de insectos y enfermedades, garantizando así que las plantas se desarrollarán en un entorno seguro y controlado.

Durante el periodo experimental, se expusieron las plantas a las condiciones ambientales y se registraron diariamente las variables climáticas, como la temperatura máxima y mínima, la turbidez, el pH y los niveles de agua. Estos datos se recopilaron mediante tecnología IoT, lo que permitió una monitorización continua y precisa del ambiente en el invernadero.

Se describe el prototipo proponiendo una arquitectura inteligente y gestionable para un cultivo aeropónico de lechuga, utilizando un microcontrolador para el sistema IoT.

El sistema aeropónico que utiliza IoT se basa en varias capas para su funcionamiento, incluyendo:

- **Sensórica:** Los sensores utilizados son: Sensor de turbidez, Sensor de ultrasonido, Sensor de PH.
- **Conectividad:** Establece un canal de comunicación entre los sensores o dispositivos, la que está implantada por conexiones de cables y con Wi-Fi la conexión a internet.

- Análisis y procesado: Se utilizó un sistema de gestión de base de datos Mysql y está alojada en Hosting donde se realiza los respectivos queries para la capa de aplicación.
- Aplicación o Interfaz de usuario: La aplicación móvil de monitoreo desarrollada en Android Studio es capaz de acceder a los datos de los sensores y actuadores del sistema aeropónico de manera rápida y desde cualquier dispositivo, siempre y cuando se tenga acceso a Internet.

En la siguiente figura se muestra la arquitectura del sistema aeropónico del cultivo de la Lechuga Orgánica.

Figura 1

Arquitectura de Sistema Aeropónico

El sistema IoT realiza las acciones programadas para el funcionamiento automatizado del cultivo de la lechuga. Se diseñó con los siguientes componentes que permitieron monitorizar el sistema

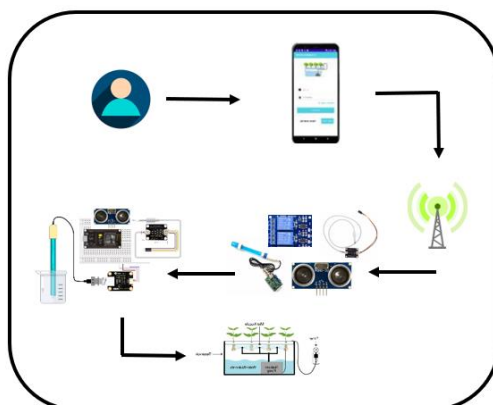


para mejorar el rendimiento de la producción, ya sea in situ o a distancia. La siguiente figura muestra el diagrama de bloques del sistema IoT del cultivo aeropónico.

Figura 2

Componentes del Sistema Aeropónico

- Usuario: Mediante este esquema de prototipo se puede visualizar al usuario/administrador registrándose en la aplicación móvil para el monitoreo de los



parámetros dentro del sistema aeropónico.

- App móvil: Se visualiza el login de la aplicación para el registro del usuario/administrador, para monitorear por medio de los gráficos de los parámetros de la turbidez, el nivel del agua y el Ph para los datos de los sensores.
- Red Internet: La aplicación móvil es conectada a la red Wi-fi para que los sensores actualicen sus datos y sean visualizados dentro de la app.
- Sensores: Se muestran los sensores utilizados dentro del sistema para el monitoreo de los parámetros.
- Circuitos de sensores: Para la conexión del circuito se utilizó el sensor de turbidez, sensor de Ph y la tarjeta ultrasonido, la placa esp8266, un relej de 5v.
- Sistema aeropónico: Implementación del sistema aeropónico con todos sus elementos mencionados para el monitoreo de los parámetros ya mencionados dentro la aplicación móvil.

Los sensores IoT para monitorear un sistema aeropónico de cultivo de lechuga orgánica pueden incluir:

- Sensor de pH para medir el nivel de acidez o alcalinidad del agua utilizada en el sistema.
- Sensor de turbidez para medir la claridad del agua y detectar la presencia de sólidos en suspensión.
- Sensor de nivel de agua para monitorear el volumen de agua en el repositorio y asegurarse de que no se agote.
- Sensor de temperatura para medir la temperatura del agua y del ambiente de cultivo, lo que puede afectar el crecimiento de la lechuga.

Estos sensores pueden conectarse a una plataforma IoT para visualizar los datos en tiempo real y recibir alertas si los niveles de pH, turbidez, nivel de agua o temperatura se salen de los rangos deseados. Esto ayudará a los agricultores en la mejora del crecimiento de la lechuga garantizando una producción de alta calidad.

En la siguiente tabla, se mencionan las funciones más importantes de los dispositivos.

Tabla 1

Dispositivos del Sistema IoT

Dispositivo	Función
Sensor de turbidez analógico 0189	El sensor de turbidez se utiliza para medir la calidad del agua mediante la medición de la turbidez, que es la claridad del líquido. El sensor detecta partículas en suspensión midiendo la transmitancia de luz y la frecuencia que cambia con la cantidad de sólidos suspendidos totales en el agua. El nivel de turbidez aumenta a medida que aumenta la cantidad de sólidos suspendidos en el agua. Los datos del sensor se almacenan en una aplicación móvil y se muestran al usuario. Si el nivel de turbidez es excedido, se envía una alerta al correo electrónico del usuario para que tome medidas.
Sensor de ultrasonido HC-SR04	La tarjeta de ultrasonido mide la distancia utilizando ondas ultrasónicas emitidas por el cabezal que luego son reflejadas por el objeto. La tarjeta mide la distancia del agua en el contenedor midiendo el tiempo entre la emisión y la recepción de la onda ultrasónica. Los datos se usan para verificar que el nivel de agua sea adecuado y si el nivel baja de los 3 litros, se envía una alerta al correo electrónico del usuario para que llene el

	<p>contenedor y la bomba pueda mantener el suministro de agua para las plantas.</p>
<p>Sensor de PH-4502C</p>	<p>El sensor de pH mide la acidez o la alcalinidad de una solución en el contenedor de agua en una escala de 0 a 14. El valor del pH expresa el grado de acidez o alcalinidad en términos de la actividad de los iones de hidrógeno. Si la solución tiene un pH entre 6 y 10, está óptima en el agua, pero si es mayor de 10, hay un alto nivel de acidez y se envía una alerta al usuario por correo electrónico para que use un regulador de pH y mantenga el agua en óptimas condiciones. El sensor de pH es muy útil en estos sistemas.</p>
<p>El modulo ESP32</p>	<p>El ESP8266 es un chip Wi-Fi de bajo costo con una pila TCP/IP completa, capacidades de procesamiento y almacenamiento potentes y una integración de GPIO con sensores y dispositivos específicos de la aplicación con un desarrollo mínimo previo y una carga mínima durante el tiempo de ejecución. Su señal de Wi-Fi permite la comunicación con todos los sensores mencionados y envía los datos a la base de datos para el monitoreo y seguimiento del progreso del cultivo. La aplicación muestra los registros de datos para que el usuario pueda monitorearlos.</p>
<p>Módulo Relé para Arduino Doble 5 Voltios 10 Amperios</p>	<p>El módulo relé actúa como un interruptor para controlar el paso de corriente eléctrica. Este módulo se utiliza para permitir el control remoto de altas tensiones con un bajo voltaje en retorno. En este caso, se utiliza para programar el tiempo de encendido y apagado de la bomba, permitiendo que la bomba funcione durante 15 minutos y se apague durante 20 minutos para evitar el desgaste de las baterías y reducir el consumo de energía. Esto asegura que el agua circule constantemente para mantener las raíces de la lechuga hidratadas.</p>

RESULTADOS

La evaluación del sistema IoT mediante una aplicación móvil diseñada para monitorear la temperatura, la turbidez, el pH y los niveles de agua es una forma conveniente y efectiva de recopilar datos y supervisar el sistema. La aplicación tiene una interfaz fácil de usar, con iconos bien definidos y funcionalidades claras.

La opción "Inicio" que muestra gráficos de las lecturas de los sensores es una forma útil de visualizar los datos recopilados. La opción "Reporte" también es valiosa para revisar las alertas en días específicos y analizar los patrones y tendencias del sistema a lo largo del tiempo, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 3

Monitoreo del Sistema aeropónico



El reporte de alertas diarias permite visualizar la alerta registrada del monitoreo, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2

Alertas de monitoreo del Sistema aeropónico

CASO DE PRUEBA	ENTRADA	RESULTADO ESPERADO	RESULTADO OBTENIDO	ESTADO
1	PH	5,5 y 7,5	11,23	ALERTA DE PH
2	PH	5,5 y 7,5	11,23	ALERTA DE PH
3	Turbidez	1 - 20 NTU	59,89 NTU	ALERTA DE Turbidez
4	Turbidez	1 - 20 NTU	59,78 NTU	ALERTA DE Turbidez
5	Nivel de agua en repositorio	30-40 cm	50CM	ALERTA DE NIVEL
6	PH	5,5 y 7,5	12	ALERTA DE PH
7	PH	5,5 y 7,5	10,56	ALERTA DE PH
8	PH	5,5 y 7,5	10,56	ALERTA DE PH
9	Turbidez	1 - 20 NTU	560 NTU	ALERTA DE Turbidez
10	Nivel de agua en repositorio	30-40 cm	12,01CM	ALERTA DE NIVEL
11	Nivel de agua en repositorio	30-40 cm	12,01CM	ALERTA DE NIVEL
12	Temperatura	21 y 28 °C	30 °C	ALERTA DE NIVEL
13	Temperatura	21 y 28 °C	35 °C	ALERTA DE NIVEL

La tabla muestra los resultados de varios casos de prueba en los que se han ingresado ciertos valores de entrada en el sistema de monitoreo y se ha registrado el resultado esperado y el resultado obtenido.

Los casos de prueba se refieren a diferentes aspectos que se monitorean, como el pH del agua, la turbidez, el nivel de agua en el repositorio y la temperatura. Para cada caso de prueba, se han especificado los valores de entrada que se han utilizado para el monitoreo y se ha indicado el resultado esperado y el resultado obtenido.

En todos los casos de prueba, el resultado obtenido no coincide con el resultado esperado, lo que ha llevado a que se genere una alerta. Por ejemplo, en el caso de prueba número 1, se esperaba un resultado de entre 5,5 y 7,5 para el pH, pero se registró un valor de 11,23, lo que indica un alto nivel de acidez en el agua y ha generado una alerta de pH.

La tabla también muestra cómo se están monitoreando varios aspectos del sistema y cómo se generan alertas en caso de que se detecten valores anormales o fuera de los rangos establecidos. Esto permite que el agricultor pueda tomar medidas para corregir el problema y garantizar que el sistema funcione de manera eficiente y las lechugas crezcan adecuadamente.

DISCUSIÓN

La supervisión y el control son factores críticos en la producción agrícola, especialmente en los métodos de cultivo hidropónicos y aeropónicos, donde las plantas crecen en un ambiente artificial sin suelo y dependen completamente del suministro de agua y nutrientes. En este contexto, el uso de sistemas IoT puede mejorar significativamente la eficiencia y la productividad de las actividades agrícolas.

En este artículo, se ha propuesto un sistema de supervisión y control autónomo para un cultivo aeropónico de lechuga. El sistema utiliza sensores y actuadores para recopilar datos de turbidez, nivel de agua, temperatura y pH, y permite a los usuarios controlar y ajustar los parámetros del cultivo a través de una aplicación móvil.

Las pruebas realizadas en el prototipo del sistema mostraron resultados positivos, lo que indica que los sensores y actuadores funcionaron correctamente y proporcionaron datos precisos y útiles. Sin embargo, es importante señalar que algunos factores, como el desgaste de los sensores que tienen más contacto con el agua o la quema de algún componente electrónico, pueden afectar el rendimiento del sistema y dificultar las pruebas.

Además, es importante mencionar que, aunque el sistema propuesto en este artículo ha demostrado ser efectivo en un cultivo específico, es necesario considerar las particularidades de cada cultivo y adaptar el sistema en consecuencia. Por ejemplo, el pH y la composición nutricional del agua pueden variar según el tipo de cultivo y la fuente de agua utilizada, por lo que los sensores y las técnicas de control deben ajustarse.

En conclusión, el sistema de supervisión y control propuesto en este artículo es una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y la productividad en los cultivos aeropónicos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la implementación efectiva del sistema requiere una comprensión profunda de las particularidades de cada cultivo y la capacidad de adaptar el sistema.

REFERENCIAS

Barla, Sofia Anna, Georgios Salachas, and Konstadinos Abeliotis. 2020. "Assessment of the Greenhouse Gas Emissions from Aeroponic Lettuce Cultivation in Greece." *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration* 2020 5:2 5(2):1–7. doi: 10.1007/S41207-020-00168-W.

Jamhari, Charisma Aulia, Wahyu Kunto Wibowo, Aulia Rahma Annisa, and Teuku Muhammad Roffi. 2020. "Design and Implementation of IoT System for Aeroponic Chamber Temperature Monitoring." *Proceeding - 2020 3rd International Conference on Vocational Education and Electrical Engineering: Strengthening the Framework of Society 5.0 through Innovations in Education, Electrical, Engineering and Informatics Engineering, ICVEE 2020*. doi: 10.1109/ICVEE50212.2020.9243213.

Kerns, Stephen C., and Joong-Lyul Lee. 2017. "Automated Aeroionics System Using IoT for Smart Farming." doi: 10.19044/esj.2017.c1p10.

Kratsch, Heidi A., William R. Graves, and Richard J. Gladon. 2006. "Aeroponic System for Control of Root-Zone Atmosphere." *Environmental and Experimental Botany* 55(1–2):70–76. doi: 10.1016/J.ENVEXPBOT.2004.10.002.

Lakhari, Imran Ali, Jianmin Gao, Tabinda Naz Syed, Farman Ali Chandio, and Noman Ali Buttar. 2018. "Modern Plant Cultivation Technologies in Agriculture under Controlled Environment: A Review on Aeroionics." [Http://Mc.Manuscriptcentral.Com/Tjpi](http://Mc.Manuscriptcentral.Com/Tjpi) 13(1):338–52. doi: 10.1080/17429145.2018.1472308.

Li, Qiansheng, Xiaoqiang Li, Bin Tang, and Mengmeng Gu. 2018. "Growth Responses and Root Characteristics of Lettuce Grown in Aeroionics, Hydroionics, and Substrate Culture." *Horticulturae* 2018, Vol. 4, Page 35 4(4):35. doi: 10.3390/HORTICULTURAE4040035.

Mahrous, Tarek, Korany Mohamed, Jianmin Gao, and Mazhar Tunio. 2022. "Development and Experiment of the Intelligent Control System for Rhizosphere Temperature of Aeroponic Lettuce via the Internet of Things." *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 15(3):225–33. doi: 10.25165/IJABE.V15I3.6530.


Martinez-Nolasco, Coral, José A. Padilla-Medina, Juan J. Martine. Nolasco, Ramon Gerardo Guevara-Gonzalez, Alejandro I. Barranco-Gutiérrez, and José J. Diaz-Carmona. 2022. "Non-Invasive Monitoring of the Thermal and Morphometric Characteristics of Lettuce Grown in an Aeroponic System through Multispectral Image System." *Applied Sciences* 2022, Vol. 12, Page 6540 12(13):6540. doi: 10.3390/APP12136540.

Narimani, Mohammadreza, Mr., Ali Hajiahmad, Dr., Ali Moghimi, Dr., Reza Alimardani, Dr., Shahin Rafiee, Dr., Amir Hossein Mirzabe, and Mr. 2021. "Developing an Aeroponic Smart Experimental Greenhouse for Controlling Irrigation and Plant Disease Detection Using Deep Learning and IoT." *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting, ASABE 2021* 4:1-.doi: 10.13031/AIM.202101252.

Riswandi, Muhammad Niswar, Zulkifli Tahir, Zainal, and Chong Yung Wey. 2022. "Design and Implementation of IoT-Based Aeroponic Farming System." *Proceedings - 2022 IEEE International Conference on Cybernetics and Computational Intelligence, CyberneticsCom 2022* 308–11. doi: 10.1109/CYBERNETICSCOM55287.2022.9865284.

Saraswat, Irma, Vera Dwi Puspitasari, S. Pramudyo Anggoro, A. Alimuddin, Teguh Firmansyah, Rida Oktorida Khastini, and Untung Mardono. 2018. "Applications of Temperature and Humidity Monitoring System at Aerophonic Plants Based on IoT." *MATEC Web of Conferences* 218:03017. doi: 10.1051/MATECCONF/201821803017.

Tunio, Mazhar H., Jianmin Gao, Imran A. Lakhari, Kashif A. Solangi, Waqar A. Qureshi, Sher A. Shaikh, and Jiedong Chen. 2021. "Influence of Atomization Nozzles and Spraying Intervals on Growth, Biomass Yield, and Nutrient Uptake of Butter-Head Lettuce under Aeroponics System." *Agronomy* 2021, Vol. 11, Page 97 11(1):97. doi: 10.3390/AGRONOMY11010097.

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .