

Artículo original

**Simulación de un sistema IoT para monitoreo  
ambiental en cultivos controlados usando Wokwi y  
Adafruit IO**

Simulation of an IoT system for environmental  
monitoring in controlled crops using Wokwi and Adafruit  
IO

**Andrés Felipe Orduz Pérez<sup>1</sup>**

 <https://orcid.org/0009-0001-1663-517X>

Recibido: 24/06/2025

Aceptado: 18/07/2025

Publicado: 24/07/2025

<sup>1</sup>Ingeniería Electrónica, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

E-mail: [andres.orduz@unillanos.edu.co](mailto:andres.orduz@unillanos.edu.co)



## Resumen

La agricultura moderna enfrenta el desafío de incorporar tecnologías que mejoren la productividad y el control ambiental, especialmente en zonas rurales donde el acceso a soluciones avanzadas es limitado. En este contexto, las unidades productivas de pequeña escala requieren sistemas de monitoreo eficientes que permitan optimizar variables críticas como la temperatura y la humedad. Este estudio presenta el diseño y simulación de una plataforma IoT accesible para el monitoreo de dichas variables en ambientes agrícolas controlados, utilizando las herramientas Wokwi y Adafruit IO. La propuesta integra el sensor DHT22, que ofrece mediciones precisas y de bajo costo, junto con el microcontrolador ESP32, el cual brinda conectividad Wi-Fi integrada. Para la transmisión de datos en tiempo real se emplea el protocolo MQTT, reconocido por su ligereza y eficiencia en redes de bajo ancho de banda. La simulación del sistema en la plataforma Wokwi permitió validar su funcionalidad previa a una implementación física. A su vez, Adafruit IO se utilizó para la recepción y visualización remota de los datos ambientales. Esta solución representa una alternativa práctica, escalable y de bajo costo, orientada a fortalecer la gestión agroempresarial mediante la adopción de tecnologías emergentes.

**Palabras clave:** IoT; ESP32; DHT22; Wokwi; Adafruit IO; Simulación.

## Abstract

Modern agriculture faces the challenge of adopting technologies that enhance productivity and environmental control, particularly in rural areas where access to advanced solutions is limited. In this context, small-scale production units require efficient monitoring systems to optimize critical variables such as temperature and humidity. This study presents the design and simulation of an accessible IoT platform for monitoring these variables in controlled agricultural environments, using the Wokwi and Adafruit IO tools. The proposed system integrates the DHT22 sensor, which provides accurate and low-cost measurements, with the ESP32 microcontroller, offering built-in Wi-Fi connectivity. Real-time data transmission is achieved through the MQTT protocol, known for its lightweight structure and efficiency in low-bandwidth networks. The system was virtually validated through simulations on the Wokwi platform prior to physical implementation. Adafruit IO was used for remote data reception and visualization. This solution offers a practical, scalable, and cost-effective alternative aimed at strengthening agricultural management through the adoption of emerging technologies.

**Keywords:** IoT; ESP32; DHT22; Wokwi; Adafruit IO; Simulation.



## 1. Introducción

La agricultura moderna, especialmente en ambientes controlados como invernaderos e instalaciones hidropónicas, el monitoreo continuo de variables ambientales como la temperatura y la humedad es esencial para garantizar el crecimiento óptimo, la calidad y la productividad de los cultivos (Basas et al., 2025; Rizky Hamala & Sumadi, 2024). Sin embargo, muchos pequeños agricultores enfrentan dificultades para acceder a tecnologías eficientes debido a limitaciones económicas, baja infraestructura tecnológica y escasa capacitación en zonas rurales (Pivoto et al., 2018; Abdo et al., 2024).

El Internet de las Cosas (IoT) ha emergido como una solución viable, accesible y eficiente que permite la recolección de datos en tiempo real, la automatización de procesos y la toma de decisiones estratégicas orientadas a mejorar la productividad agrícola (Glory Priyadharshini et al., 2024; Daud et al., 2025; Ouedraogo et al., 2022). La integración de sensores, microcontroladores y plataformas en la nube ha permitido optimizar procesos agrícolas en diversos países, tanto a nivel de monitoreo como de control ambiental (Ahmad et al., 2021; Abu et al., 2022).

A nivel internacional, múltiples estudios respaldan la efectividad de estas tecnologías. En México, la Universidad de Colima diseñó la plataforma SGreenH-IoT, basada en una Raspberry Pi 3 y sensores AM2315, AM2302 y STH11, logrando una gestión y monitoreo en tiempo real de un invernadero (Guerrero-Ibáñez et al., 2017). Por otro lado, se han desarrollado sistemas de monitoreo para cultivos específicos como los hongos seta, utilizando sensores DHT22 y plataformas como Cayenne para la visualización remota de datos (Tapakire, 2019). Berríos-Gómez et al. (2022) implementaron un sistema IoT con ESP32 y sensores DHT22, HW-080 y HC-SR04 en invernaderos de lechuga, automatizando la activación de ventiladores, calefactores y bombas de riego según los rangos ambientales programados.

En Colombia, la adopción de IoT en la agricultura aún es limitada, pero presenta avances relevantes. Chanchi-Golondrino et al. (2022) desarrollaron un sistema de monitoreo urbano en cultivos de lechuga, utilizando Raspberry Pi, placas LilyGo y comunicación Wi-Fi local. Estos sistemas permiten capturar, almacenar y visualizar los datos, e incluso aplicar técnicas de Machine Learning para analizar la distribución de variables ambientales respecto a niveles de referencia.

El uso de sensores como el DHT22 ha sido ampliamente validado en aplicaciones agrícolas debido a su bajo costo, consumo energético reducido y precisión aceptable en ambientes con variaciones lentas de temperatura y humedad (Ilhami et al., 2021; Ahmad et al., 2021; Syaputra, 2025). Por su parte, el microcontrolador ESP32 destaca por su bajo costo, conectividad Wi-Fi integrada y eficiencia energética, siendo una plataforma ideal para aplicaciones IoT en el sector agrícola (Daud et al., 2025; Rizky Hamala & Sumadi, 2024).

Además, las plataformas digitales como Adafruit IO y ThingSpeak han facilitado la visualización y almacenamiento de datos en tiempo real, mientras que simuladores como Wokwi permiten validar el diseño y funcionamiento del sistema antes de su implementación en campo (Syaputra, 2025; Fachrul Rizky Syaputra, 2023; Abdo et al., 2024).

En este contexto, el presente proyecto propone el diseño y simulación de una plataforma IoT para el monitoreo de temperatura y humedad en ambientes agrícolas controlados, utilizando el sensor DHT22, el microcontrolador ESP32 y las plataformas Wokwi y

Adafruit IO. Este enfoque busca brindar a pequeños agricultores una solución accesible, económica y eficiente que facilite la digitalización de sus cultivos y optimice la toma de decisiones estratégicas.

Otros estudios recientes como los de Basas et al. (2025) han demostrado que la digitalización y monitoreo en tiempo real incluso en etapas como la germinación, pueden mejorar la eficiencia en cultivos como la lechuga. Asimismo, Rizky Hamala y Sumadi (2024) han desarrollado sistemas de control basados en lógica difusa para ambientes controlados, confirmando la versatilidad de estas tecnologías en diferentes contextos agrícolas.

La literatura respalda que el IoT aplicado a la agricultura es una de las tendencias tecnológicas con mayor impacto potencial para pequeños y medianos agricultores (Pivoto et al., 2018; Ouedraogo et al., 2022; Glory Priyadharshini et al., 2024), y este proyecto contribuye a acercar estas soluciones a contextos donde aún no son masivas, como muchas zonas agrícolas en Colombia.

## 2. Metodología

### 2.1. Diseño del sistema

El diseño del sistema se centra en la creación de una solución IoT de bajo costo, orientada al monitoreo ambiental de temperatura y humedad en cultivos agrícolas controlados, como invernaderos o cultivos hidropónicos. Este sistema está compuesto por tres elementos principales:

- Microcontrolador ESP32: seleccionado por su bajo costo, conectividad Wi-Fi integrada y capacidad de procesamiento adecuada para proyectos IoT en tiempo real (Pérez et al., 2019).
- Sensor DHT22: elegido por su precisión aceptable y su facilidad de integración con microcontroladores para medir tanto temperatura como humedad relativa (Adhiwibowo et al., 2020).
- Pantalla OLED: utilizada para la visualización local de las variables ambientales, permitiendo al usuario acceder a la información directamente desde el sistema, incluso sin acceso a internet.

La comunicación de los datos hacia la nube se realiza mediante el protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), ampliamente utilizado en aplicaciones IoT por su bajo consumo de ancho de banda y alta eficiencia (Madakam et al., 2015). Este protocolo permite la publicación y suscripción de datos en tiempo real con un consumo mínimo de recursos.

El diseño conceptual del sistema prioriza:

- Bajo consumo energético.
- Costo accesible para pequeños productores.
- Simplicidad de implementación y escalabilidad

Todo el diseño fue validado en la plataforma de simulación Wokwi, que permite construir, programar y verificar el sistema de manera virtual, reduciendo significativamente los costos iniciales y posibles errores de conexión o codificación antes de la implementación física.

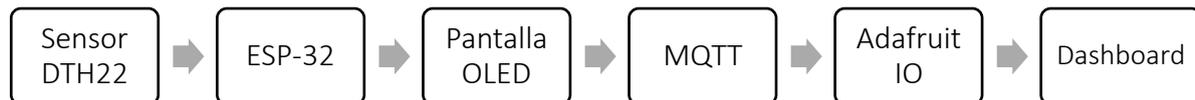


## 2.2. Arquitectura del software

El software del sistema fue desarrollado utilizando el Arduino IDE, integrando bibliotecas específicas como DHT.h para la lectura del sensor, Adafruit\_SSD1306.h para la gestión de la pantalla OLED, y PubSubClient.h para la comunicación mediante MQTT.

**Figura 1**

*Diagrama de bloques del sistema*



El software está estructurado en cinco módulos principales:

- Conexión Wi-Fi: El microcontrolador ESP32 se conecta a una red inalámbrica previamente configurada, estableciendo comunicación continua para la transmisión de datos.
- Lectura de sensores: Se configuran intervalos regulares para capturar datos de temperatura y humedad desde el sensor DHT22, asegurando lecturas estables y confiables.
- Visualización local: Los datos leídos se muestran en tiempo real en la pantalla OLED, permitiendo al usuario verificar las condiciones ambientales de forma inmediata.
- Comunicación MQTT: El sistema publica los datos obtenidos en el broker MQTT de Adafruit IO, asegurando una transmisión eficiente y estable.
- Visualización remota: En Adafruit IO, se configura un dashboard con widgets gráficos para visualizar en tiempo real la evolución de las variables monitoreadas desde cualquier dispositivo con acceso a internet.

Este diseño modular facilita futuras actualizaciones o integraciones con otros sensores y plataformas.

Según Chanchí-Golondrino et al. (2022), la correcta estructuración del software y el uso de protocolos livianos como MQTT son fundamentales para garantizar la estabilidad de los sistemas IoT, especialmente en contextos rurales donde la conectividad puede ser limitada

## 2.3. Implementación del sistema

La implementación del sistema se llevó a cabo de forma virtual, utilizando la plataforma Wokwi para simular:

- El hardware: conexión entre ESP32, sensor DHT22 y pantalla OLED.
- La red Wi-Fi y el servidor MQTT.
- El comportamiento del sistema en diferentes escenarios ambientales.

Durante la simulación, se recrearon condiciones variables de temperatura y humedad para validar la correcta respuesta del sistema. Se verificó que:

- La conexión Wi-Fi se estableciera de manera automática tras el arranque del sistema.
- Los datos se visualizarán correctamente en la pantalla OLED.
- La transmisión de los datos a la nube fuera exitosa mediante MQTT.
- Los datos se reflejarán adecuadamente en el dashboard configurado en Adafruit IO.

El dashboard remoto fue diseñado con gráficos de línea para observar tendencias de temperatura y humedad, lo que es clave para la toma de decisiones agrícolas a tiempo real (Guerrero-Ibañez et al., 2017).

La simulación permitió identificar posibles fallos en la lógica de programación y validar la capacidad del sistema para operar en ambientes con condiciones cambiantes. Además, la plataforma Wokwi brindó la posibilidad de realizar múltiples pruebas sin incurrir en costos físicos, siguiendo la metodología recomendada por Montañó-Blacio et al. (2023) para el desarrollo de prototipos IoT.

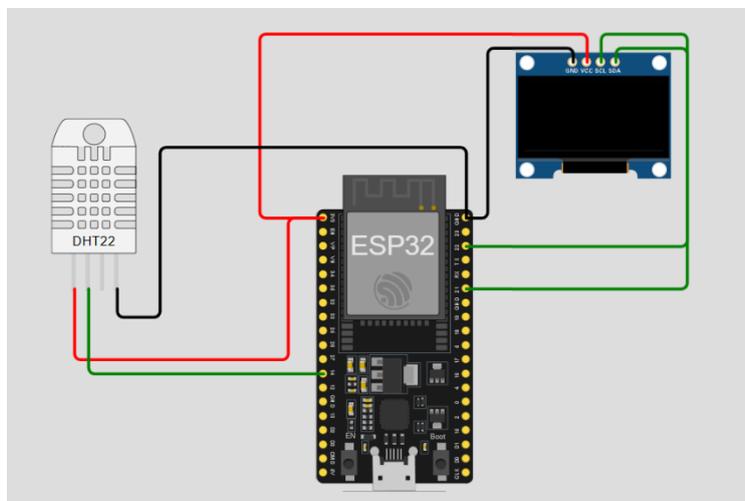
El enfoque de simulación virtual es especialmente relevante en contextos donde los recursos para desarrollar prototipos físicos son limitados, como en pequeños proyectos agroempresariales.

### 3. Resultados

Durante la fase de simulación, el sistema IoT mostró un desempeño eficiente y estable en la adquisición, transmisión y visualización de datos ambientales. Se realizaron múltiples pruebas bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad simuladas, utilizando la plataforma Wokwi, lo que permitió evaluar la precisión de las lecturas y la estabilidad del sistema de comunicación.

**Figura 2**

*Diseño del circuito en Wokwi*





*Lectura de Datos:* El sensor DHT22 presentó lecturas constantes y dentro de rangos coherentes para las condiciones de simulación. Las mediciones oscilaron entre 17 °C y 26 °C para la temperatura, y entre 65 % y 88 % para la humedad relativa.

*Visualización Local:* La pantalla OLED mostró en tiempo real las variables medidas, con actualizaciones fluidas y sin retardos perceptibles, lo que garantiza que el usuario pueda monitorear las condiciones directamente desde el sistema sin necesidad de conexión remota.

*Transmisión de Datos:* La conexión Wi-Fi se estableció de manera exitosa y la comunicación mediante MQTT con la plataforma Adafruit IO se mantuvo estable durante toda la simulación. Los datos fueron publicados en intervalos regulares y correctamente visualizados en el dashboard configurado.

*Dashboard Remoto:* En Adafruit IO, las variables fueron graficadas en tiempo real, permitiendo observar las fluctuaciones ambientales simuladas. Este resultado valida la viabilidad del sistema para la toma de decisiones a distancia, lo cual es esencial en cultivos ubicados en zonas de difícil acceso.

*Consumo de Recursos:* Durante la simulación, se evidenció que el sistema opera de manera eficiente con un bajo consumo de ancho de banda, lo cual es una ventaja clave en zonas rurales donde las redes suelen ser limitadas.

En la Tabla 1, se presentan algunas métricas claves obtenidas durante las pruebas de simulación, que permiten cuantificar el desempeño del sistema.

**Tabla 1**

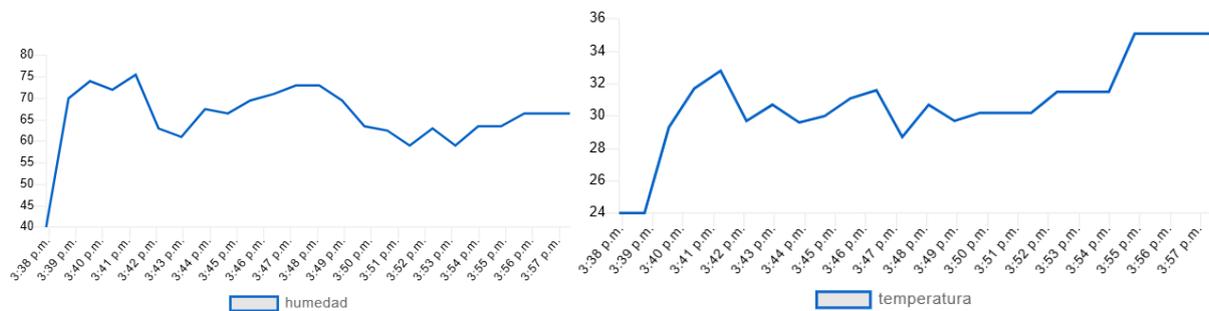
*Evaluación de desempeño del sistema durante la simulación*

Parámetro evaluado	Resultado observado
Rango de temperatura (simulado)	24 °C – 35 °C
Rango de humedad relativa (simulado)	40 % – 80 %
Retardo entre lectura y visualización local	< 1 segundo
Frecuencia de actualización remota	2 datos por minuto
Tamaño promedio del paquete MQTT	< 1 kB
Tiempo total de prueba (simulada)	10 minutos
Número aproximado de muestras simuladas	10 por variable (temperatura y humedad)

Como se observa en la Tabla 1, el sistema mostró un desempeño constante durante todas las simulaciones. Estas métricas permiten validar la funcionalidad general del sistema en condiciones virtuales y refuerzan su aplicabilidad en entornos rurales con conectividad limitada.

En la Figura 3 se muestra el dashboard configurado en Adafruit IO, donde se visualizan en tiempo real las variables monitoreadas.

**Figura 3**  
*Dashboard en Adafruit IO*



## 4. Discusión

Los resultados obtenidos coinciden con investigaciones previas que demuestran la eficacia de los sistemas IoT de bajo costo en el monitoreo de variables ambientales agrícolas. Estudios como el de Adhiwibowo et al. (2020) y Chanchí-Golondrino et al. (2022) han validado la utilidad de sensores como el DHT22 y microcontroladores ESP32 en la recolección y transmisión de datos confiables en tiempo real.

El uso de la plataforma Wokwi facilitó la depuración del código, la validación del flujo de datos y la identificación de posibles errores antes de una implementación física, lo que representa una ventaja significativa al reducir tiempos de desarrollo y costos económicos, tal como recomiendan Montañó-Blacio et al. (2023) en proyectos IoT educativos y de prototipado.

La comunicación MQTT resultó ser una excelente elección por su ligereza y robustez, incluso en redes simuladas con limitaciones de ancho de banda, lo que refuerza lo planteado por Madakam et al. (2015) sobre la aplicabilidad de este protocolo en entornos rurales.

Un aspecto a destacar es la limitación impuesta por la versión gratuita de Adafruit IO, que restringe la frecuencia de actualización a dos datos por minuto. No obstante, esta restricción no afectó la validación del funcionamiento básico del sistema, pero se debe considerar que, para aplicaciones a mayor escala o en tiempo crítico, podría requerirse una versión premium o una plataforma con menor latencia.

El sistema desarrollado demuestra que es posible diseñar soluciones IoT accesibles para pequeños productores, incluso en contextos donde el acceso a tecnologías avanzadas es limitado. Además, proporciona una alternativa práctica para mejorar el control ambiental de cultivos sensibles como la lechuga, contribuyendo a optimizar la producción agrícola y reducir riesgos relacionados con condiciones ambientales desfavorables.

Aunque el sistema mostró un funcionamiento adecuado en simulaciones, es importante reconocer varias limitaciones técnicas. En primer lugar, la simulación en Wokwi no replica completamente las condiciones físicas reales, como interferencias electromagnéticas, variaciones de voltaje o inestabilidad en la red Wi-Fi, que pueden afectar el rendimiento del sistema. Además, sensores como el DHT22, aunque económicos y ampliamente usados,



presentan limitaciones en cuanto a precisión y tiempo de respuesta frente a sensores profesionales. La plataforma Adafruit IO, en su versión gratuita, impone restricciones de frecuencia que dificultarían un monitoreo en tiempo real en cultivos más sensibles o de gran escala. Por último, la ausencia de pruebas en condiciones climáticas reales limita la validación externa de los resultados obtenidos. Estas limitaciones deben considerarse al momento de escalar o adaptar el sistema a contextos agrícolas más exigentes.

Se recomienda, como trabajo futuro, la implementación física del sistema en un entorno real y la integración de alarmas automáticas o sistemas de control (ventilación, riego, etc.) que puedan activarse cuando las variables ambientales sobrepasen los límites establecidos. Asimismo, sería valioso incorporar evaluaciones de desempeño a largo plazo en condiciones reales y contrastar los datos obtenidos con sensores de referencia, con el fin de validar y calibrar el sistema propuesto.

## 5. Conclusiones

Se El diseño e implementación de una plataforma IoT para el monitoreo de temperatura y humedad en ambientes agrícolas controlados, utilizando el ESP32, el sensor DHT22 y una pantalla OLED, demostró ser técnicamente viable a través de la simulación en Wokwi. El sistema funcionó de manera eficiente y sincronizada, cumpliendo con los objetivos establecidos.

El uso de componentes accesibles y económicos, junto con plataformas gratuitas como Wokwi para simulación y Adafruit IO para la visualización de datos en la nube, permite a pequeños productores contar con herramientas tecnológicas sin necesidad de grandes inversiones.

Aunque el sistema fue probado en un entorno virtual, su diseño puede trasladarse fácilmente al entorno real, brindando beneficios en la toma de decisiones, el control de variables climáticas y la optimización del rendimiento agrícola.

Esta propuesta contribuye a la digitalización y modernización del sector agropecuario, promoviendo el uso de tecnologías emergentes como el IoT para la mejora de procesos productivos, especialmente en el contexto de pequeños agricultores que enfrentan limitaciones tecnológicas.

### Contribución de los autores

**A. F. Orduz:** Como autor único contribuyó en todas las etapas del estudio, incluyendo conceptualización, adquisición y curación de datos, análisis formal, desarrollo de metodología, realización de la investigación, administración del proyecto, provisión de recursos, supervisión, validación, visualización y redacción del borrador original y su revisión.

### Conflictos de interés

El autor informa que no poseen conflictos de interés que puedan influir en esta publicación.

## 6. Referencias Bibliográficas

- Abdo-Peralta, P., García-Pumagualle, C., Carrera-Silva, K., Frey, C., Rosero-Erazo, C. R., Ortega-Castro, J., Orozco, J. S. S., & Toulkeridis, T. (2024). Implementation of an Enhanced Edge Computing System for the Optimization of Strawberry Crop in Greenhouses: A Smart Agriculture Approach. *Agronomy*, 14(12), 3030. <https://doi.org/10.3390/agronomy14123030>
- Abu, N. S., Bukhari, W. M., Ong, C. H., Kassim, A. M., Izzuddin, T. A., Sukhaimie, M. N., Norasikin, M. A., & Rasid, A. F. A. (2022). Internet of Things Applications in Precision Agriculture: A Review. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 3(3), 338–347. <https://doi.org/10.18196/jrc.v3i3.14159>
- Adhiwibowo, W., Daru, A. F., & Hirzan, A. M. (2020). Temperature and Humidity Monitoring Using DHT22 Sensor and Cayenne API. *Jurnal Transformatika*, 17(2), 209-214. <https://doi.org/10.26623/transformatika.v17i2.1820>
- Ahmad, M. A., Gunawan, T. S., Mansor, H., Hamida, B. A., Hishamudin, A. F., & Arifin, F. (2021). On the evaluation of DHT22 temperature sensor for IoT application. 2021 8th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), 131–134. <https://doi.org/10.1109/ICCCE50029.2021.9467147>
- Basas, L. A. G., Maaño, R. C., Dayap, P. C. B., Urquiza, J. P. A., Santonil, H. S. P., Canela, D. N. B., Maaño, R. A., & Nguyen, D.-B. (2025). A web-based monitoring system for non-pelleted lettuce seed germination using double diamond design-thinking and incremental model. In *Proceedings* (pp. 784–795). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-80943-9\\_83](https://doi.org/10.1007/978-3-031-80943-9_83)
- Berrios Gomez, S., & Rivera Herrera, H. J. (2022). Sistema IoT basado en ESP32 para el control y monitoreo de cultivos en invernadero con enfoque de agricultura 4.0. *INGENIERÍA INVESTIGA*, 4. <https://doi.org/10.47796/ing.v4i0.624>
- Chanchí-Golondrino, Gabriel-Elías, Ospina-Alarcón, Manuel-Alejandro, & Saba, Manuel. (2022). Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana. *Revista científica*, (44), 257-271. Epub July 08, 2022. <https://doi.org/10.14483/23448350.18470>
- Daud, S., Hairul, M., & Abdul Rahman, R. (2025). IoT-based smart agriculture monitoring system. [researchgate.net/publication/388173169\\_IoTBASED\\_SMART\\_AGRICULTURE\\_MONITORING\\_SYSTEM](https://www.researchgate.net/publication/388173169_IoTBASED_SMART_AGRICULTURE_MONITORING_SYSTEM)
- The Utilization of IoT in Real-time Temperature and Humidity Monitoring Using Microcontroller: A Literature Review. (2023). *Journal of Computation Physics and Earth Science (JoCPES)*, 3(2). <https://doi.org/10.63581/JoCPES.v3i2.05>
- Guerrero-Ibáñez, J. A., Estrada-González, F. P., Medina-Tejeda, M. A., Rivera-Gutiérrez, M. G., Alcaraz-Aguirre, J. M., Maldonado-Mendoza, C. A., Toledo-Zúñiga, D., & López-González, V. I. (2017). SGreenH-IoT: Plataforma IoT para agricultura de precisión. *Sistemas, Cibernética e Informática*, 14(2), 53-58. <https://iisci.org/Journal/pdv/risci/pdfs/CA544SI17.pdf>
- Ahmad, Y. A., Gunawan, T. S., Mansor, H., Hamida, B. A., Hishamudin, A. F., & Arifin, F. (2021). On the evaluation of DHT22 temperature sensor for IoT application. In 2021 8th



- International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE) (pp. 131–134). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCCE50029.2021.9467147>
- Ouedraogo, S., Guel, D., Kouraogo, J., & Sanou, Y. (2023). Design of an IoT platform for a precision agriculture (PA) in Burkina Faso. In Proceedings of the 5th edition of the Computer Science Research Days, JRI 2022, 24–26 November 2022, Ouagadougou, Burkina Faso. EAI. <https://doi.org/10.4108/eai.24-11-2022.2329811>
- Pivoto, D., Waquil, P. D., Talamini, E., Finocchio, C. P. S., Dalla Corte, V. F., & Mores, G. de V. (2018). Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture*, 5(1), 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.12.002>
- Priyadharshini, J. G., Hariharasudhan, B., Neelakandan, R., & Arvind, R. K. (2022). Review on IoT-based smart agriculture monitoring system. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*, 9(2), 38–43. [https://www.researchgate.net/publication/377767365\\_Review\\_on\\_IoT\\_based\\_smart\\_agriculture\\_monitoring\\_system](https://www.researchgate.net/publication/377767365_Review_on_IoT_based_smart_agriculture_monitoring_system)
- Hamala, N. R., & Sumadi. (2024). Design and development of a fuzzy logic-based temperature and humidity control system for cricket breeding enclosures. *Emitor*, 24(2), 161–168. <https://journals2.ums.ac.id/index.php/emitor/article/view/3263>
- Syaputra, F. R. (2025). Design and build an IoT system for temperature and humidity observation using DHT22 with ThingSpeak. *Journal of Computation Physics and Earth Science (JoCPES)*, 5(1). <https://doi.org/10.63581/JoCPES.v5i1.12>
- Madakam, S., Ramaswamy, R. and Tripathi, S. (2015) Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 3, 164-173. <http://dx.doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>
- Montaño-Blacio, M., González-Escarabay, J., Jiménez-Sarango, O., Mingo-Morocho, L., & Carrión-Aguirre, C. (2023). Diseño y despliegue de un sistema de monitoreo basado en IoT para cultivos hidropónicos. *Ingenius, Revista de Ciencia y Tecnología*, (30), 9–18. <https://doi.org/10.17163/ings.n30.2023.01>
- Pérez, M. R., Mendoza, M. A., & Suárez, M. J. (2019). Paradigma IoT: Desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura. *Revista Espacios*, 40(18), 6. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n18/a19v40n18p06.pdf>