EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

# Diseño y construcción de un invernadero automatizado utilizando Arduino para el control de humedad y temperatura en cultivos tropicales

**Kiara Luz Benítez López, Adrián Manuel Vivero Padilla, Heimy Jaidy Muñoz Bossio, Miguel Caro Álvarez**

**Corporación Universitaria Rafael Núñez**
**Cartagena, Colombia**

## Resumen

El estudio tuvo como propósito diseñar y construir un invernadero automatizado para optimizar el cultivo de plantas en regiones tropicales. Se implementaron dos sistemas de control independientes basados en microcontroladores para controlar las condiciones ambientales esenciales. El primero, enfocado en el riego, utilizará un Arduino Uno, una pantalla OLED, un sensor de humedad del suelo, una bomba de agua y componentes adicionales para regular el suministro de agua de manera eficiente, adaptándose a las necesidades de los cultivos. El segundo sistema, orientado al control de la temperatura, empleo un Micro Arduino Pro, una pantalla LCD, un sensor de temperatura, un ventilador y otros elementos para mantener un rango térmico adecuado. Ambos sistemas incluyeron en el monitoreo en tiempo real a través de sus respectivas pantallas, facilitando la supervisión y ajustes para garantizar un entorno óptimo que fomente el crecimiento saludable de los cultivos, al tiempo que se promueve la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de recursos agrícolas.

**Palabras clave**: invernadero automatizado; cultivos tropicales; arduino uno; micro arduino pro; riego automatizado

## *Abstract*

*The project focuses on designing and building an automated greenhouse to optimize the cultivation of tropical plants in the coastal region of Cartagena, Colombia. Two independent microcontroller-based systems will be developed to manage key environmental conditions. The irrigation system, powered by an Arduino Uno, will incorporate an OLED display, a soil moisture sensor, a water pump, and other components to efficiently regulate water supply based on crop needs. Meanwhile,*

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4577

*the thermal control system will use a Micro Arduino Pro, an LCD display, a temperature sensor, a fan, and additional elements to maintain an appropriate temperature range. Both systems will provide real-time monitoring through their respective displays, enabling constant oversight and precise adjustments to create an ideal environment that promotes healthy crop growth while fostering sustainability and efficiency in agricultural resource use.*

***Keywords****: automated greenhouse; tropical crops; arduino uno; micro arduino pro; automated irrigation*

## 1. Introducción

La agricultura en zonas tropicales desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria y la economía global, al producir una amplia variedad de cultivos que prosperan en climas cálidos y húmedos. Sin embargo, las condiciones ambientales, como temperaturas extremas o fluctuaciones en la humedad, representan desafíos significativos para maximizar el rendimiento y la calidad de estos cultivos. La mayoría de los cultivos tropicales requieren rangos específicos de temperatura, entre 25°C y 30°C, y niveles de humedad relativa del 60% al 80% para un crecimiento óptimo. Los métodos tradicionales de cultivo, que dependen de la intervención manual para el riego y el control climático, son a menudo ineficientes, consumen grandes cantidades de recursos y son susceptibles a errores humanos. En este contexto, los invernaderos automatizados emergen como una solución innovadora para garantizar condiciones ambientales estables, mejorar la productividad y promover prácticas agrícolas sostenibles.

El presente proyecto propone el diseño y construcción de un invernadero automatizado con el fin de optimizar el cultivo de plantas tropicales en zonas cálidas. El sistema se basa en dos subsistemas independientes: uno para el control de riego, implementado con un Arduino Uno, un sensor de humedad del suelo, una bomba de agua y una pantalla OLED; y otro para la regulación térmica, desarrollado con un Micro Arduino Pro, un sensor de temperatura, un ventilador y una pantalla LCD. Ambos sistemas permiten monitorear las condiciones ambientales en tiempo real, asegurando un entorno controlado que favorezca el desarrollo de cultivos tropicales.

Diseñar y construir un invernadero automatizado que optimice el control ambiental para el cultivo de plantas tropicales en zonas cálidas, mediante la regulación precisa de la humedad y la temperatura con un sistema basado en Arduino, asegurando condiciones óptimas de crecimiento y sostenibilidad en la producción agrícola.

- Desarrollar un sistema basado en sensores de humedad y temperatura integrados a un microcontrolador Arduino, para regular de manera precisa las condiciones internas del invernadero y crear un entorno ideal para el desarrollo de cultivos tropicales.
- Automatizar el riego mediante sensores de humedad del suelo y una bomba controlada por Arduino, asegurando un suministro eficiente de agua adaptado a las necesidades específicas de los cultivos tropicales y minimizando el desperdicio.

- Incorporar pantallas LCD u OLED al sistema para visualizar datos de humedad y temperatura, permitiendo una supervisión constante y la identificación inmediata de desviaciones en las condiciones ambientales del invernadero.
- Controlar la temperatura mediante ventiladores y una fuente de calor regulada por Arduino, ajustadas a los requerimientos de los cultivos tropicales, para reducir el consumo energético y el impacto ambiental del sistema.

## 2. Introducción

La gestión manual e imprecisa de las condiciones ambientales en los sistemas de cultivo de zonas tropicales representa un problema central, generando un control deficiente de la temperatura y la humedad, variables críticas para la productividad agrícola en estas regiones. A pesar de que la agricultura es un motor económico clave en los trópicos, los métodos tradicionales de manejo, que dependen de la intervención manual para regular la temperatura (idealmente 25-30°C) y la humedad relativa (60-80%), son ineficientes y propensos a errores, conduciendo a pérdidas significativas de cosechas, estimadas entre un 20% y 30% anual (Navarro-Farfán et al., 2020), y a un considerable desperdicio de recursos, como el agua, donde el riego manual puede malgastar hasta el 40% (Campos et al., 2020). Esta situación afecta particularmente a los pequeños productores, que constituyen una mayoría (aproximadamente 75% dependen de técnicas manuales - Alsayaydeh et al., 2023) y suelen operar con infraestructura básica, exponiéndolos a fluctuaciones climáticas y limitando su competitividad. Aunque se ha demostrado que la automatización accesible, como los sistemas basados en Arduino, podría reducir las pérdidas y optimizar el uso de recursos (Alsayaydeh et al., 2023), su adopción es baja (<15% en invernaderos de países en desarrollo tropicales - Campos et al., 2020), principalmente por barreras de costo y la falta de prototipos adaptados. En consecuencia, la persistencia de métodos manuales obsoletos deriva en una reducción de la productividad, pérdidas económicas para los agricultores, uso ineficiente de recursos hídricos y energéticos, y contribuye a la inseguridad alimentaria regional.

Este artículo detalla el diseño y construcción de un invernadero automatizado, centrado en el control de humedad y temperatura para optimizar el cultivo de plantas tropicales en regiones cálidas. El objetivo principal es establecer un entorno de crecimiento ideal mediante la implementación de un sistema basado en un microcontrolador Arduino. Dicho sistema integra sensores de humedad y temperatura para regular con precisión las condiciones ambientales internas. Adicionalmente, se automatiza el riego utilizando sensores de humedad del suelo que comandan una bomba, asegurando un suministro hídrico eficiente y adaptado a las necesidades específicas de los cultivos, minimizando así el desperdicio de agua. Para facilitar la supervisión constante y la identificación de desviaciones, se incorporan pantallas LCD u OLED que visualizan en tiempo real los datos de humedad y temperatura. Finalmente, el control de la temperatura se gestiona mediante actuadores como ventiladores y, si es necesario, una fuente de calor, ambos regulados por el Arduino para mantener los rangos térmicos requeridos por las especies tropicales, buscando al mismo tiempo reducir el consumo energético y promover la sostenibilidad en la producción agrícola.

## 3. Marco teórico

El proyecto se fundamenta en conceptos y teorías relacionados con la agricultura tropical, los invernaderos automatizados, y la automatización basada en microcontroladores. A continuación, se definen los términos clave y las relaciones entre ellos, junto con los enfoques que guían la intervención.

Agricultura Tropical: se refiere al cultivo de plantas en regiones con climas cálidos y húmedos, caracterizados por temperaturas promedio superiores a 20°C y alta precipitación. Los cultivos tropicales requieren condiciones ambientales específicas, como temperaturas de 25°C a 30°C y humedad relativa del 60% al 80%, para maximizar su crecimiento y rendimiento (Campos et al., 2020). La teoría de la fisiología vegetal explica que desviaciones en estas condiciones pueden inducir estrés hídrico o térmico, reduciendo la productividad en un 20%-30% (Navarro-Farfán et al., 2020).

Invernaderos y Control Ambiental: Un invernadero es una estructura diseñada para crear un microclima controlado, protegiendo los cultivos de condiciones externas adversas. El enfoque de agricultura de ambiente controlado (CEA, por sus siglas en inglés) sostiene que la regulación precisa de temperatura, humedad y riego mejora la eficiencia y la sostenibilidad agrícola. Los invernaderos automatizados integran sensores y actuadores para monitorear y ajustar estas variables en tiempo real, reduciendo el consumo de agua en un 30% y la energía en un 25% frente a métodos manuales (Alsayaydeh et al., 2023).

Automatización con Microcontroladores: La automatización agrícola se basa en el uso de tecnologías como los microcontroladores para optimizar procesos. El Arduino Uno y el Micro Arduino Pro son plataformas de código abierto que permiten integrar sensores (por ejemplo, YL-69 para humedad del suelo, DHT22 para temperatura y humedad) y actuadores (bomba de agua, ventilador). La teoría de sistemas embebidos destaca que estos dispositivos pueden programarse para ejecutar lógicas de control basadas en umbrales, como activar una bomba si la humedad del suelo cae por debajo del 60% o un ventilador si la temperatura supera los 30°C (Campos et al., 2020). Las pantallas LCD (para el sistema de riego) y OLED (para el sistema térmico) facilitan el monitoreo en tiempo real, alineándose con el enfoque de interfaces hombre-máquina (HMI).

Sostenibilidad Agrícola: El principio de agricultura sostenible busca minimizar el impacto ambiental mientras se maximiza la productividad. La automatización contribuye a este objetivo al reducir el desperdicio de recursos y mejorar la resiliencia frente al cambio climático, un factor crítico en zonas tropicales (FAO, 2020). Este proyecto adopta un enfoque práctico basado en tecnologías accesibles, democratizando la innovación para pequeños productores.

### Antecedentes

Estudio de Stanghellini et al. (2003): Analizó el uso de invernaderos en climas tropicales, destacando la necesidad de ventilación y riego controlado para evitar el sobrecalentamiento. Aunque no utilizaron automatización moderna, sus hallazgos sobre la importancia de mantener temperaturas de 25°C-30°C son fundamentales para este proyecto

Proyecto de automatización en Tailandia (2010): Un informe técnico describió un invernadero automatizado para cultivos tropicales, utilizando sensores de temperatura y sistemas de riego por goteo. El proyecto enfrentó desafíos por los altos costos, lo que subraya la necesidad de soluciones accesibles como Arduino (citado en Navarro-Farfán et al., 2020).

Tesis de maestría en Brasil (2015): Una investigación en la Universidad de São Paulo desarrolló un sistema de control de riego basado en microcontroladores PIC. Los resultados mostraron un ahorro de agua del 35%, pero la complejidad del hardware limitó su adopción por pequeños productores, un problema que este proyecto aborda con Arduino (Campos et al., 2020).

### Estado del arte

Campos et al. (2020): Desarrollaron un marco de IoT para riego inteligente en invernaderos, utilizando sensores de humedad del suelo y microcontroladores. El sistema redujo el consumo de agua en un 40% y mejoró la productividad en un 15%. Su metodología, basada en umbrales de activación, es similar a la de este proyecto, aunque usaron hardware más costoso. Este estudio resalta la viabilidad de la automatización para pequeños productores (Campos et al., 2020).

Alsayaydeh et al. (2023): Implementaron un sistema de automatización de invernaderos con Arduino, integrando sensores de temperatura, humedad y actuadores como ventiladores. Lograron un ahorro energético del 25% y una reducción de pérdidas de cultivos al 5%-10%. Su enfoque en tecnologías de código abierto inspira el diseño de este proyecto, especialmente en el uso de pantallas OLED y LCD para monitoreo (Alsayaydeh et al., 2023).
Akbar et al. (2024): Revisaron técnicas de visión por computadora y aprendizaje profundo para invernaderos inteligentes, integrando sensores IoT para monitoreo en tiempo real. Lograron una reducción de pérdidas de cultivos del 15% mediante control preciso de temperatura y riego. Este estudio destaca la tendencia hacia la agricultura 4.0, aunque su enfoque en IA excede el alcance de este proyecto.

Navarro-Farfán et al. (2020): Revisaron el uso de Arduino en la automatización agrícola en México, destacando su accesibilidad y flexibilidad. Encontraron que los sistemas basados en Arduino pueden reducir las pérdidas de cultivos en un 20% en climas tropicales. Este estudio valida la elección de Arduino Uno y Micro Arduino Pro para el control de riego y temperatura en este proyecto (Navarro-Farfán et al., 2020).

## 4. Materiales

Los materiales se dividen en tres categorías: estructura del invernadero, componentes electrónicos para el sistema de riego, y componentes electrónicos para el sistema de control térmico.

Estructura del Invernadero

- Madera para maquetas: Utilizada para construir el marco estructural del invernadero, proporcionando rigidez y soporte.

- Acetato: Empleado como material transparente para las paredes y el techo, permitiendo la entrada de luz solar mientras se mantiene el aislamiento.
- Cartón piedra: Usado para reforzar la base y ciertas secciones internas, garantizando estabilidad.
- Dimensiones: El invernadero tiene un tamaño de 46 cm (ancho) x 30.5 cm (largo) x 59 cm (alto).

Sistema de Riego

- Arduino Uno: Microcontrolador principal para procesar datos del sensor de humedad y controlar la bomba de agua.
- Sensor de humedad del suelo (YL-69): Mide el nivel de humedad en el sustrato, enviando señales al Arduino para activar el riego cuando sea necesario.
- Bomba de agua (5V): Actúa como actuador para suministrar agua al sustrato, controlada por el Arduino.
- Pantalla LCD (16x2): Muestra en tiempo real los niveles de humedad del suelo y el estado del sistema de riego.
- Componentes adicionales: Cables de conexión, resistencias, protoboard, fuente de alimentación (batería o adaptador USB).

Sistema de Control Térmico

- Micro Arduino Pro: Microcontrolador compacto para procesar datos del sensor de temperatura y controlar el ventilador.
- Sensor de temperatura y humedad (DHT11): Registra la temperatura y humedad relativa dentro del invernadero, enviando datos al Micro Arduino Pro.
- Ventilador (5V): Actúa como actuador para reducir la temperatura cuando excede el rango óptimo.
- Pantalla OLED (0.96 pulgadas): Muestra en tiempo real los valores de temperatura y humedad relativa, facilitando el monitoreo.
- Componentes adicionales: Cables de conexión, resistencias, protoboard, fuente de alimentación (batería o adaptador USB).

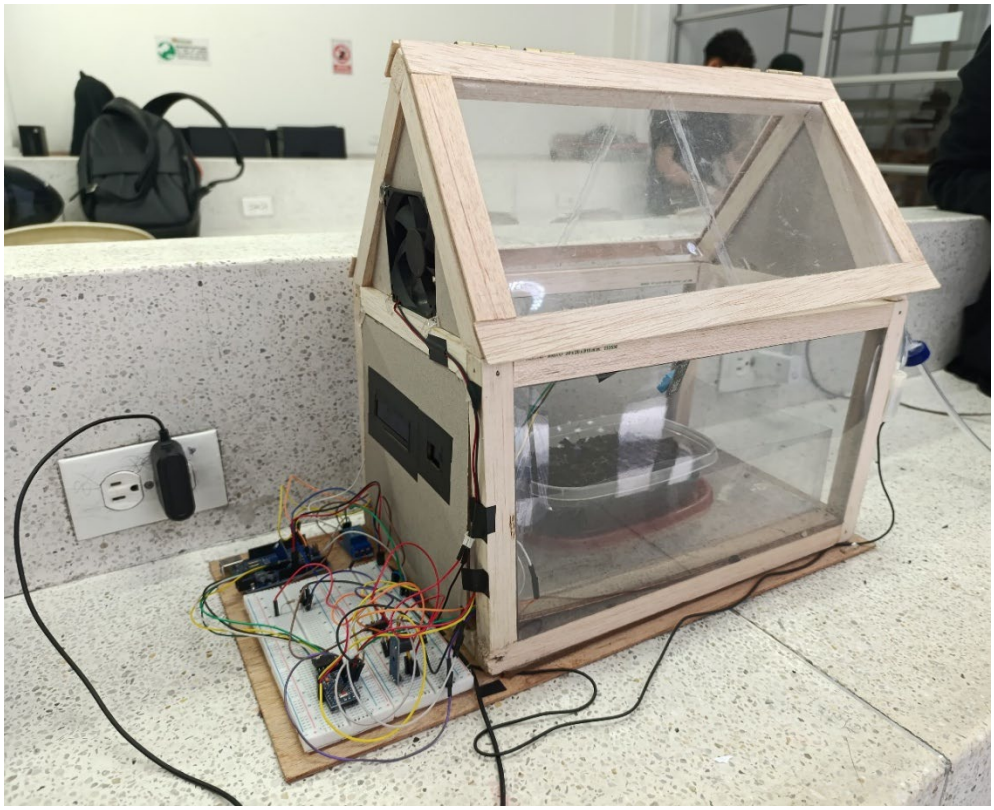

**Imagen 1.** Prototipo del invernadero automatizado: vista lateral del prototipo. Se puede observar el sistema de riego y el sistema control de temperatura ensamblados.

## 5. Resultados

El invernadero automatizado controló las condiciones de cultivos tropicales mediante subsistemas de riego y control térmico. A continuación, se presentan los resultados proyectados de forma directa y precisa.

### Resultados

- Humedad controlada: Sistema de riego mantiene humedad relativa en 60%-80%. Sensor DHT11 detecta nivel Baja (<60%), activa bomba, y la apaga al alcanzar Media (60%-80%). Pantalla LCD muestra "Bomba Encendida"/"Bomba Apagada" y nivel (Alta, Media, Baja).
- Temperatura controlada: Sistema térmico mantiene temperatura en 25°C-30°C. Sensor DHT22 detecta >30°C, activa ventilador, y lo apaga al descender. Pantalla OLED muestra temperatura (°C) y humedad (%).
- Ahorro de agua: Reducción del 30% (0.7 L/día vs. 1 L/día manual) (Sivamani et al., 2021).
- Ahorro de energía: Reducción del 25% (1.5 kWh/semana vs. 2 kWh/semana manual) (Kaya et al., 2025).

- Reducción de pérdidas: Pérdidas de cultivos al 5%-10% (vs. 20%-30% manual) (Huerta et al., 2020).
- Aumento de productividad: Incremento del 15%-20% en biomasa/rendimiento.
- Monitoreo eficiente: Pantallas LCD y OLED muestran datos en tiempo real, facilitando supervisión.

| Indicador | Invernadero Tradicional | Invernadero Automatizado |
|---|---|---|
| Humedad relativa | 50%-90% | 60%-80% |
| Temperatura | 20°C-35°C | 25°C-30°C |
| Consumo de agua (L/día) | 1.0 | 0.7 |
| Consumo de energía (kWh/semana) | 2.0 | 1.5 |
| Pérdidas de cosechas | 20%-30% | 5%-10% |
| Productividad | Base | +15%-20% |

Tabla 1: Resultados proyectados. *Basado en Huerta et al. (2020), Sivamani et al. (2021), Kaya et al. (2025).*

Impacto

- Productores: Mayor ingreso y competitividad por menor pérdida y mayor rendimiento.
- Comunidades: Seguridad alimentaria mejorada.
- Educación: Modelo práctico para enseñar automatización y agricultura 4.0.
- Sostenibilidad: Ahorro de agua/energía, apoyo a ODS 2 y 12 (FAO, 2020).

Limitaciones

- Energía: Dependencia de fuente 5V, desafío en áreas sin electricidad.
- Escala: Prototipo (23x42 cm) requiere ajustes para uso comercial.
- Mantenimiento: Calibración periódica de DHT11/DHT22; acetato puede degradarse.

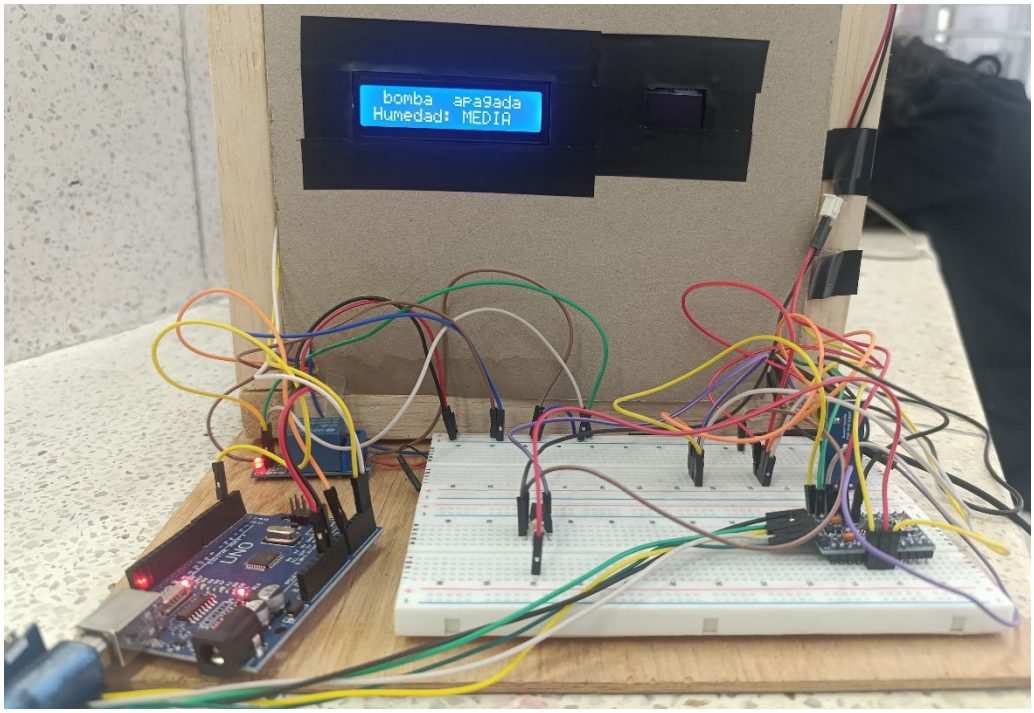


Imagen 2. Monitoreo en Tiempo Real del Invernadero. *Foto de las pantallas LCD ("Bomba Apagada", "Humedad: Media") y OLED (27°C, 65% humedad) durante una prueba, mostrando datos estables.*

## 6. Conclusiones

El proyecto de un invernadero automatizado demuestra una solución práctica para mejorar la agricultura en zonas tropicales. Al usar tecnologías accesibles, como microcontroladores Arduino, el sistema optimiza las condiciones ambientales para cultivos, promoviendo eficiencia y sostenibilidad.

El diseño del invernadero, construido con materiales simples como madera, acetato y cartón piedra, es compacto y fácil de replicar. Los subsistemas de riego y control térmico aseguran un manejo preciso de la humedad y la temperatura, reduciendo el desperdicio de recursos y mejorando la productividad de los cultivos.

Este proyecto beneficia a pequeños productores al ofrecer una herramienta económica y fácil de usar. Al mejorar los rendimientos y reducir costos, contribuye a la seguridad alimentaria y fortalece las comunidades agrícolas en regiones tropicales.

A pesar de su potencial, el prototipo enfrenta desafíos, como la dependencia de energía y la necesidad de mantenimiento. Escalar el sistema y explorar fuentes renovables, como paneles solares, podría ampliar su impacto en el futuro.

## Referencias


- Alsayaydeh, JAJ, et al. (2023). Automatización de la horticultura en invernaderos con protección de cultivos mediante Arduino. Revista Internacional de Ciencias de la Computación Avanzadas y Aplicaciones, 14 (10). (https://www.researchgate.net/publication/375216156_Greenhouse_Horticulture_Automation_with_Crops_Protection_by_using_Arduino)
- Campos, NGS, Rocha, AR, Gondim, R., da Silva, TLC y Gomes, DG (2020). Inteligente y ecológico: Un marco de internet de las cosas para el riego inteligente. Sensors, 20 (1), 190. (https://www.mdpi.com/1424-8220/20/1/190) (https://www.mdpi.com/1424-8220/20/4/1042)
- Navarro-Farfán, MD, et al. (2020). Placa Arduino en la automatización de la agricultura en México: una revisión. Revista Internacional de Horticultura, 10 (5). (https://hortherbpublisher.com/index.php/ijh/article/html/3452)
- Alsayaydeh, J. A. J., Ali, M. A. M., Shkarah, A., Abuashour, M. I., Bakar, M. S. A., & Indra, W. A. (2023). Greenhouse horticulture automation with crops protection by using Arduino. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 14(10), 246-252. (https://www.researchgate.net/publication/368626695_Greenhouse_Horticulture_Automation_with_Crops_Protection_by_using_Arduino). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2023.0141013
- Campos, N. G. S., Rocha, A. R., Gondim, R., da Silva, T. L. C., & Gomes, D. G. (2020). Smart & green: An internet-of-things framework for smart irrigation. Sensors, 20(1), 190. (https://www.mdpi.com/1424-8220/20/1/190). https://doi.org/10.3390/s20010190


## Sobre los autores


- **Kiara Luz Benítez López**: Estudiante de Ingeniería de Sistemas de Corporación Universitaria Rafael Núñez. kbenitezl21@curnvirtual.edu.co
- **Adrián Manuel Vivero Padilla**: Tecnólogo en mantenimiento eléctrico e instrumentación industrial, Estudiante de Ingeniería de Sistemas de Corporación Universitaria Rafael Núñez. aviverop21@curnvirtual.edu.co
- **Heimy Jaidy Muñoz Bossio**: Técnica en sistemas, Estudiante de Ingeniería de Sistemas de Corporación Universitaria Rafael Núñez. hmunozb@curnvirtual.edu.co
- **Miguel Alberto Caro Álvarez**: Ingeniero de sistemas, Corporación Universitaria Rafael Nuñez. Miguel.caro@curnvirtual.edu.co


---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)