

DOI: <https://doi.org/10.70577/s0s1gb61>

Evaluación de sistemas de riego agrícola mediante tecnologías IoT para mejorar la eficiencia hídrica en viveros de balsa en la provincia de los Ríos

Jhon David Simba Morán¹

<https://orcid.org/0009-0002-7567-1928>

jsimbamoran@gmail.com

Magíster en Automatización y Control Industrial, Ingeniero Industrial

Investigador Independiente

Quevedo - Ecuador

Cómo citar

Simba Morán, J. D. . (2026). Evaluación de sistemas de riego agrícola mediante tecnologías IoT para mejorar la eficiencia hídrica en viveros de balsa en la provincia de los Ríos. *Visión Académica*, 4(4), 71-84. <https://doi.org/10.70577/s0s1gb61>

Fecha de recepción: 2026-08-18

Fecha de aceptación: 2026-09-28

Fecha de publicación: 2026-10-15

Resumen

La ineficiencia de un sistema de riego agrícola en viveros de balsa (*Ochroma pyramidale*) es un problema que enfrentan los agricultores de la provincia de Los Ríos, por la escasa automatización y por la alta dependencia de los procedimientos manuales. El objetivo principal de la investigación es evaluar los sistemas de riego agrícola existentes, identificando áreas críticas donde la implementación de tecnologías IoT puede mejorar la eficiencia. La metodología empleada fue de carácter descriptivo, de campo y experimental y la implementación del método deductivo para los principios generales sobre tecnologías IoT, controladores inteligentes y sistemas de riego y relacionarlos con la realidad concreta de los viveros de la provincia de Los Ríos. Los hallazgos de la investigación concluyeron que un sistema de microaspersión automatizado mediante control PID plantea una mejora en la eficiencia para el riego manual del vivero forestal El Moral, ya que el consumo de agua bajó de 14 L/día mediante riego manual a 7,5 L/día. Eso se traduce en un consumo de 210 L a 112,5 L en el tiempo experimentado, lo cual representa 97,5 L de ahorro, correspondiente al 46,43 %.

Palabras clave: Sistemas de riego agrícola, tecnologías IoT, eficiencia hídrica, viveros de Balsa.

Evaluation of agricultural irrigation systems using IoT technologies to improve water efficiency in Balsa nurseries in los Ríos province

Abstract

The inefficiency of an agricultural irrigation system in raft nurseries (*Ochroma pyramidale*) is a problem faced by farmers in the Los Ríos province, due to limited automation and a heavy reliance on manual procedures. The main objective of the research is to evaluate existing agricultural irrigation systems and identify critical areas where the implementation of IoT technologies can improve efficiency. The methodology employed was descriptive, field-based, and experimental, and involved the application of the deductive method to general principles regarding IoT technologies, smart controllers, and irrigation systems, relating them to the specific reality of the nurseries in the Los Ríos Province. The research findings concluded that an automated micro-sprinkler system using PID control improves the efficiency of manual irrigation at the El Moral forest nursery, as water consumption decreased from 14 L/day with manual irrigation to 7.5 L/day. This translates to a reduction in water consumption from 210 L to 112.5 L over the experimental period, representing a savings of 97.5 L, or 46.43%.

Keywords: Agricultural irrigation systems, IoT technologies, water efficiency, Balsa nurseries.

Introducción

La ineficiencia de los sistemas de riego agrícola empleados en viveros de balsa (*Ochroma pyramidale*) de la provincia de Los Ríos fue el problema detectado, específicamente debido a la insuficiente automatización y la dependencia que existe con respecto a procesos manuales para manejar las necesidades hídricas de las plantas. El trabajo se llevó a cabo específicamente en el vivero forestal El Moral, que está ubicado en la provincia de Los Ríos, cantón Quevedo, entre diciembre del 2023 y junio del 2024.

Como el suministro de agua depende del criterio y la participación del operario, los sistemas manuales de riego generan dificultades para gestionar de manera eficaz la disponibilidad de agua (López et al., 2024). Esta situación genera una cobertura que no es uniforme y dificultades para conservar la humedad necesaria en las plántulas, lo que podría perjudicar tanto la calidad de las plantas producidas como las condiciones de crecimiento (Dominguez et al., 2025).

Por lo tanto, se ha establecido la necesidad de realizar una evaluación y automatización del sistema de riego mencionado mediante diversas tecnologías IoT, así como de soluciones hardware que incluyan sensores y dispositivos de control. Esto posibilitará el monitoreo de las variables relevantes y la adecuación del suministro hídrico en función de los requerimientos de la cosecha. Para lo antes mencionado se plantea el siguiente objetivo de investigación evaluar los sistemas de riego agrícola existentes, identificando áreas críticas donde la implementación de tecnologías IoT puede mejorar la eficiencia.

La efectividad de un sistema de riego se determina por el funcionamiento de la infraestructura hidráulica según las reglas establecidas por la junta de regantes y el aporte que hacen los usuarios en la gestión del agua a nivel parcelario (Ortiz et al., 2021, p. 2).

La sistematización del agro se fundamenta en el empleo de tecnologías, por ejemplo, el IoT Márquez et al. (2024), y también de herramientas de información y comunicación, con el objetivo de recolectar y procesar datos. Estos datos pueden contener información sobre la calidad del suelo, los cultivos, el clima, la utilización de fertilizantes y pesticidas, la producción y la productividad, entre otros factores importantes para el manejo agrícola (Hasang et al., 2022).

Un sistema de riego inteligente es una solución tecnológica completa que mejora y automatiza el riego agrícola al emplear sensores para observar las condiciones climáticas y del suelo, actuadores para regular diversos métodos de riego, así como algoritmos sofisticados de inteligencia artificial y *machine learning* para procesar y examinar datos (Calderón et al., 2021). Este sistema tiene como objetivo optimizar el rendimiento del uso del agua y mejorar la productividad de las cosechas y disminución del desperdicio, ajustándose de manera dinámica a los requerimientos particulares del cultivo y a las cambiantes condiciones ambientales (Rhor & Cazar, 2025a).

El Internet de las Cosas (IoT, por su sigla en inglés) ha contribuido a la mejora y transformación de los procesos industriales, incluyendo la agricultura (Delgado, 2021). Esto incluye desde sensores que detectan la humedad hasta el reconocimiento de plagas (Laverde & Laverde, 2021, p. 2). Por otra parte, es la interconexión inteligente entre objetos que tienen la capacidad de acceder a información, capturar, almacenar y procesar datos con el fin de interactuar con individuos o con otros sistemas para generar entornos inteligentes (Sánchez et al., 2025).

Material y métodos

Esta investigación es descriptiva, de campo y experimental. Se fundamenta en métodos inductivos y deductivos, así como en técnicas de observación, revisión bibliográfica, experimentación y entrevistas. Se aplica el método deductivo para vincular la realidad específica de los viveros de la provincia de Los Ríos con principios generales acerca de tecnologías IoT, controladores inteligentes y sistemas de riego. En este contexto, se aplicaron los principios tecnológicos en el ámbito del riego de viveros.

El método inductivo se emplea también a través del análisis de los datos empíricos adquiridos a partir de observaciones y mediciones. Esto posibilitaba la detección de modelos relacionados con el desempeño y comportamiento del sistema de riego, basándose en las evidencias obtenidas de los datos recabados durante la investigación. La investigación, empleó la entrevista como método para recoger información sobre las prácticas de riego vigentes y los problemas principales que ocurren en el cantón Quevedo. Esta técnica se utilizó en ingenieros agrónomos y expertos en riego.

Además, se emplea una ficha de observación con el fin de comprender mejor cómo funcionan los viveros y definir las particularidades que presentan sus prácticas de riego. La técnica utilizada permite observar el funcionamiento del sistema en la vida real y, adicionalmente, contrastar y agregar información que se ha conseguido a partir de las entrevistas. Una etapa de experimentación en la que se realizaron ensayos controlados y, posteriormente, pruebas en el vivero "El Moral", empleando cultivos de balsa. En esta fase se evaluó el desempeño de la técnica del riego manual en comparación con el riego con un sistema de microaspersión automatizado mediante control PID, tomando como indicadores algunas variables como el consumo de agua y la humedad.

Resultados

Identificación del sistema de riego existente

La investigación identificó las prácticas de riego, utilizando entrevistas con informantes clave que eran responsables del riego. Los resultados revelaron la existencia de sistemas convencionales, siendo los más relevantes los que ya hemos mencionado (riego manual, por aspersión y por surcos), así como un interés significativo en varias técnicas de riego, como el goteo y la microaspersión.

Además, las entrevistas señalaron la falta de automatización, como la insuficiente comprensión de variables y la necesidad de los sistemas de monitoreo remoto, como elementos críticos. Varios de los expertos a los que se consultó señalaron que es relevante automatizar el riego para que este se realice en función de las condiciones climáticas y la humedad ambiental.

En la prueba experimental, la investigación evaluó el riego manual y, por otra parte, el sistema de microaspersión. Este último estaba controlado a través de PID. La prueba tuvo una duración de quince días y utilizó un tanque con capacidad para 250 litros.

Tabla 1

Comparativa de riego manual vs riego por aspersión

Observaciones	Riego Manual	Riego por microaspersión con control PID
Frecuencia de riego	Diario (7 veces por semana)	Diario (7 veces por semana)
Duración del riego	Inmediato	Alrededor de 25 minutos
Consumo diario	14 litros	7.5 litros
Consumo quincenal	210 litros	112.5 litros
Eficiencia de distribución	Baja (menos uniforme)	Alta (más uniforme)

Niveles de humedad	Niveles mayores al porcentaje requerido	Niveles óptimos requeridos
Control sobre cantidad de agua	Directo, impreciso	Altamente programable y preciso
Tiempo y esfuerzo	Alto	Muy bajo
Costo inicial	Bajo	Moderado a alto
Mantenimiento	Bajo	Moderado a alto
Impacto ecológico	Moderado	Muy bajo
Ahorro de agua	N/A	Aproximadamente 46,43%
Duración del tanque de 250 litros	± 17.8 días	± 33.3 días

Elaboración propia.

Cálculo del consumo de agua

Consumo diario= 14 L

$$C_{manual} = 14 \frac{L}{día} * 15 \text{ días}$$

$$C_{manual} = 210L$$

Consumo diario= 7,5 L

$$C_{IoT} = 7,5 \frac{L}{día} * 15 \text{ días}$$

$$C_{manual} = 112,5L$$

Cálculo del ahorro de agua

A continuación, se puede determinar el ahorro absoluto:

$$Ahorro = C_{manual} - C_{IoT}$$

$$Ahorro = 210L - 112,5L$$

$$Ahorro = 97,5L$$

Por tanto, durante los 15 días de experimentación, el sistema de microaspersión con control PID utilizó 97,5 litros menos de agua que el riego manual.

Asimismo, el porcentaje de ahorro puede calcularse mediante:

$$Ahorro(\%) = \frac{C_{manual} - C_{IoT}}{C_{manual}} * 100$$

$$Ahorro(\%) = \frac{210 - 112,5}{210} * 100$$

$$Ahorro(\%) = 46,43\%$$

Se obtuvo un ahorro de 46,43% de agua.

Análisis de la eficiencia de distribución

En el riego manual, la distribución se clasificó como baja y menos homogénea, ya que depende de la capacidad de la persona que riega. La microaspersión, en cambio, se clasifica como distribución alta y más homogénea, ya que los aspersores permiten cubrir el área de forma homogénea.

Ilustración 1

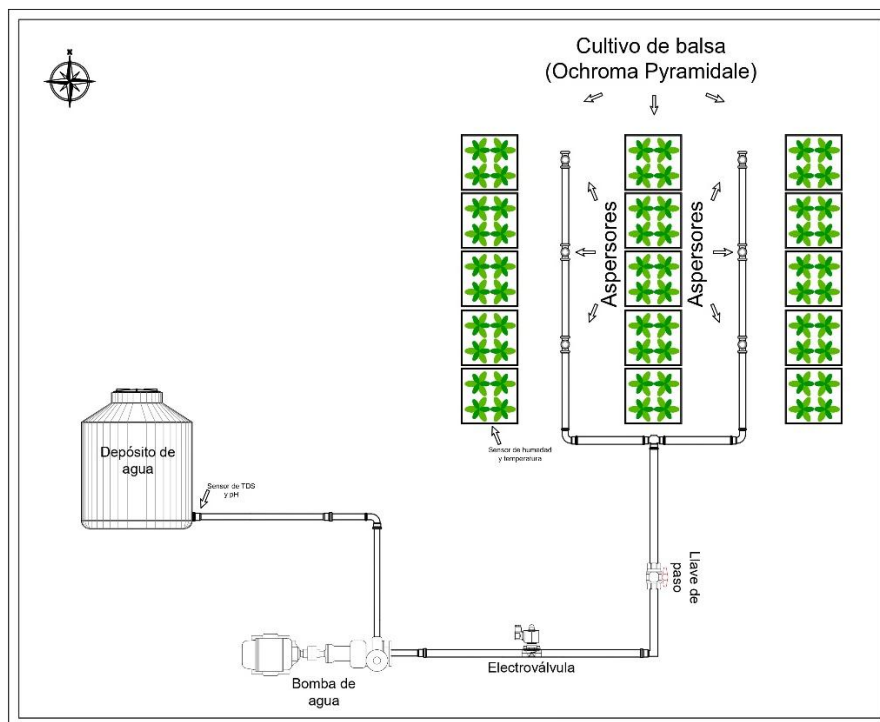
Sistema de riego automatizado en vivero de balsa (Ochroma Pyramidale).



Elaboración propia.

Ilustración 2

Plano del modelo a escala del vivero de balsa (*Ochroma Pyramidale*).



Elaboración propia.

Evaluación del control de la cantidad de agua

Además, se llevó a cabo la evaluación del nivel de control sobre el volumen suministrado. El sistema manual mostró un control no indirecto, pero inexacto, porque la cantidad de agua depende de la persona responsable. En cambio, el sistema de microaspersión con control PID fue descrito como programable y preciso, porque permite entregar agua en base al nivel de humedad de referencia previsto.

Evaluación del comportamiento de la humedad

Este es uno de los resultados más significativos para avalar el uso del IoT en el presente estudio. La presente investigación muestra el uso del sensor de humedad (YL-69) para observar cómo se comportaba la humedad en el suelo, en el caso del riego manual. La lluvia de datos obtenidos muestra que, en ningún momento, la humedad se situó dentro del rango recomendado, y que el riego se aplicaba de manera excesiva e insuficiente según el momento que considerásemos.

Evaluación del sistema automatizado mediante control PID

A continuación, la investigación estudió el comportamiento con la humedad mediante el sistema automatizado. El control PID servía para mantener el suministro de agua ajustando automáticamente la

humedad que rondaba el valor objetivo fijado. Finalmente, la investigación discute que el sistema fue capaz de mantener la humedad con el rango óptimo.

Comparación de la duración del tanque

La duración aproximada del tanque de 250 litros fue otro hallazgo cuantitativo relevante. Para el riego manual:

$$D_{manual} = \frac{250L}{14\frac{L}{día}}$$

$$D_{manual} = 17,86 \text{ días}$$

Para el sistema automatizado:

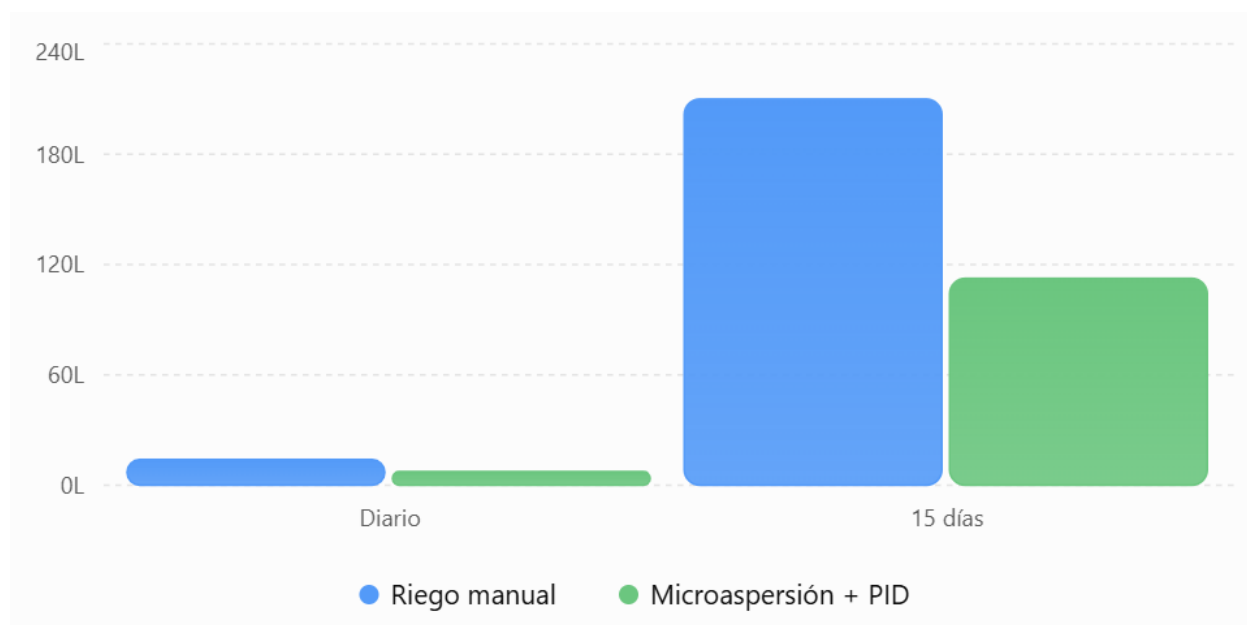
$$D_{IoT} = \frac{250L}{7,5\frac{L}{día}}$$

$$D_{IoT} = 33,33 \text{ días}$$

Por lo tanto, con los consumos documentados, el mismo tanque muestra una autonomía significativamente más alta al emplear el sistema de microaspersión con control PID.

Ilustración 3

Consumo de agua: riego manual vs. Microaspersión con PID



Elaboración propia.

Esta ilustración permite ver, de forma visual, que el nivel de consumo que arroja el sistema automatizado fue, en todos los sentidos, inferior al registrado del riego manual, tanto en la pregunta, como en los 15 días experimentales. Los valores se obtuvieron directamente de la Tabla 8 de la presente memoria.

Tabla 2

Matriz de los resultados de la investigación

Variable evaluada	Riego manual	Microaspersión + PID	Resultado
Consumo diario	14 L	7,5 L	Menor consumo con automatización 97,5 L menos
Consumo en 15 días	210 L	112,5 L	
Ahorro reportado	—	≈46,43 %	Mejora de eficiencia hídrica
Distribución	Menos uniforme	Más uniforme	Mayor uniformidad
Control del agua	Directo/impreciso	Programable/preciso	Mayor control
Humedad	Variable	Estabilizada	Mejor regulación
Duración tanque	≈17,8 días	≈33,3 días	Mayor autonomía
Intervención humana	Alta	Muy baja	Mayor automatización

Elaboración propia.

La comparación de los sistemas de riego mostró diferencias entre riego manual y riego mediante sistema de microaspersión con control PID. El riego manual tuvo un consumo de 14 L/día, lo que equivale a un total de 210 L en los 15 días de evaluación, mientras que el sistema automatizado, que únicamente incluye el control PID, tuvo un consumo de 7,5 L/día y un total de 112,5 L en el mismo periodo, lo que equivale a una reducción absoluta del consumo de agua de 97,5 L. La cantidad de agua ahorrada corresponde a un ahorro del 46,43 %. El riego manual presentó también menor uniformidad en la distribución del agua, así como un control manual e impreciso de la cantidad de agua a suministrar por lo que, con respecto a la forma de distribución del agua, el sistema automatizado mediante microaspersión equipará a una distribución más uniforme y permitiría programar el suministro atendiendo la humedad. El comportamiento descrito por el sensor YL-69 en el riego manual nos indica que la humedad no se mantenía estable, habiendo todavía periodos de exceso de humedad y otros de poca humedad/insuficiencia de agua, mientras que el sistema automatizado mediante control PID permite regular automáticamente esta variable. Por último, se ha encontrado que la autonomía del tanque de 250 L aumenta de 17,8 días cuando se utiliza el riego manual a 33,3 días cuando el sistema de riego es realizado mediante microaspersión.

Discusión

El análisis de los resultados evidencia que la integración de un sistema de microaspersión automatizado mediante control PID facilitó mejorar notablemente la gestión del recurso hídrico de la especie *Ochroma pyramidale* en el vivero. En este sentido, el consumo decreció de 14 L/día con riego manual a 7,5 L/día empleando el sistema automatizado, lo que significó un ahorro absoluto de 97,5 L, en los 15 días de experimentación y un ahorro relativo de 46,43 %. Este comportamiento puede ser explicado por la

capacidad del sistema automatizado para proporcionar el suministro de agua, en función de una variable de control, disminuyendo la dependencia a la intervención del hombre y evitando aportaciones superiores o inferiores a los requerimientos de humedad. Los resultados obtenidos van en la línea de lo señalado por Calderón et al. (2021), quienes construyeron un sistema de riego diseñado con controlador PID y sensores de humedad en invernadero y apuntan que el control automatizado permite regular el momento del riego según las condiciones de humedad del suelo, con potencial para reducir el consumo de agua.

El ahorro de agua encontrado en este estudio también está en línea con las conclusiones de estudios recientes que han evaluado sistemas de riego inteligentes, como el trabajo de Jaramillo et al. (2023) que presentó un sistema de riego inteligente basado en IoT, dispositivos embebidos y sensores, telemetría y computación en la nube, el cual tiene como meta mejorar la gestión del agua mediante la adquisición y el control de información ambiental en tiempo real. Medina et al. (2026) aseguran que la combinación entre sensores y tratamiento de datos permite realizar ajustes en las decisiones de riego a las condiciones observadas y reduciéndose las pérdidas del medio ambiente bajo condiciones en las que se utilizan métodos de riego tradicionales. De igual forma, Rhor & Cazar (2025b) desarrollaron un sistema de riego inteligente fundamentado en IoT y computación en la nube y encontraron que podría mejorarse la conservación del agua mediante el monitoreo y el tratamiento recurrente de las variables agrícolas. En este sentido, el 46,43 % de ahorro estimado en el vivero El Moral es significativo porque muestra que incluso una arquitectura relativamente localizada, que cuenta con un sistema de microaspersión y control PID, podría realizar un consumo considerablemente menor que un proceso manual.

Un segundo hallazgo pertinente corresponde a la uniformidad de la distribución del agua. En el riego manual, la distribución fue considerada baja e irregular, y mientras que, en la microaspersión controlada, tuvo una distribución más homogénea; esta diferencia tiene que ver con la naturaleza del modo de aplicación del agua iniciado: en el riego manual, tanto el volumen como la distribución vienen dados por el criterio, la experiencia y el tiempo que tiene disponible el operario; en cambio, la automatización establece condiciones de operación reproducibles. Al igual que Chile & Ortiz (2021) cuando desarrollaron un sistema de riego automatizado para la práctica del cultivo de pequeña superficie, también indicaron en sus conclusiones que la introducción de sensores, de aspersores y de mecanismos de gestión automatizada favorecen un uso más racional del agua y reducen el trabajo manual, de aquí se apoya la interpretación en que la principal aportación que hace la automatización es el hecho de que no sólo disminuye el volumen de agua sino que también mejora la regularidad en su llegada al área del cultivo.

La estabilidad de la humedad es otro de los aspectos que permite dar cuenta de las diferencias entre ambos tratamientos. En el riego manual, los registros del sensor YL-69 presentaban variaciones con períodos con exceso o déficit de humedad, mientras que el sistema automatizado conservaba la variable alrededor del valor de referencia que se había fijado. Este comportamiento es importante en un vivero forestal dado que una mala distribución de la aplicación de agua puede llevar a situaciones desfavorables

para el crecimiento de las plántulas. Perea & Bustamante (2024) proponen precisamente la utilización de un PID para controlar la humedad del suelo aplicado a un sistema de sensores y de aspersores, mostrando que retroalimentación es un mecanismo adecuado para regular el aporte de agua. Más recientemente, investigaciones en sistemas de control de riego continúan en la línea de utilizar sensores de humedad como aspecto clave para activar o regular el suministro de agua en función de acciones previamente fijadas.

La relación existente entre la humedad del suelo y la automatización ha sido también observada en investigaciones en el Ecuador. Chugá (2022) desarrollaron en la Universidad Internacional SEK un trabajo de titulación en el que mostraron el diseño y la implementación de un sistema de riego inteligente con base en IoT para la determinación de condiciones de estrés hídrico y de tiempos de irrigación, empleando sensores de humedad, de temperatura y un sistema de control de lazo cerrado. De una forma análoga, una investigación desarrollada en la Universidad Politécnica Salesiana implementó un sistema de irrigación automatizado por aspersión mediante comunicación IoT, utilizando sensores, comunicación LoRa, Raspberry Pi y Node-RED para el monitoreo y control; los resultados mostraron una disminución en el uso del agua como una de las consecuencias de la automatización (Guambo & Ordoñez, 2022). Con este tipo de antecedentes resulta posible interpretar que el comportamiento observado en el vivero El Moral en el que se aplicó el prototipo de sistema del que se centraliza en esta investigación no representa una respuesta particular al sistema sometido a evaluación, sino que se trata de un comportamiento relacionado con un patrón (o bien, un patrón específico) que se registra en diversas aplicaciones de agricultura inteligente: cuando la decisión de regar se entiende relacionada con información obtenida del mismo sistema productivo, puede disminuir la dependencia de decisiones humanas.

Dicho de otra forma, la autonomía del tanque es una consecuencia directa de la disminución del consumo hídrico. En este estudio un tanque de 250 L, que tenía una autonomía estimada de entre 17,8 días (riego manual) y 33,3 días (microaspersión automatizada). Este hecho tiene un sentido práctico en el manejo de los viveros, dado que una mayor autonomía disminuye el número de recargas de agua que debe realizar el operario/a, el cual no interviene en el sistema si la autonomía es alta. Esto coincide con estudios que consideran el monitoreo remoto como una forma de disminuir las actividades del operario/a asociadas al riego. Rios et al. (2024) desarrollaron una red IoT, en un estudio realizado en Colombia para el manejo del agua de riego en diferentes cultivos, y observaron reducciones del consumo hídrico asociadas al uso de humedad y variables climáticas para optimizar la programación del riego.

Los resultados que se obtuvieron en el vivero coinciden con experiencias recientes de sistemas inteligentes desarrollados en Ecuador. Anchundia & Vera (2025) implementaron un sistema automatizado con sensores ESP32 y comunicación LoRa para monitorizar en tiempo real la humedad del suelo, la temperatura y el flujo de agua, con la finalidad de aumentar la eficiencia y sostenibilidad del riego. Freire et al. (2023) desarrollaron un sistema automatizado para el cultivo de arroz en Santa Lucía, Guayas,

usando módulos LoRaWAN para controlar variables climáticas y del suelo y automatizar el riego. La coincidencia entre estos trabajos y el presente estudio nos llevan a concluir que la automatización del riego mediante sensores y sistemas de comunicación/control es una línea tecnológica de automatización válida para diversas escalas y condiciones de producción.

Sin embargo, hay que destacar que existe una diferencia de tipo metodológico entre la presente investigación y algunos trabajos recientes con IoT, ya que ciertos trabajos de IoT incorporan arquitecturas en la nube, aplicaciones móviles, redes inalámbricas, algoritmos predictivos, en fin, etc. No obstante, el sistema que se evalúa en el vivero El Moral tiene su funcionamiento centrado mayoritariamente en la extracción de humedad y en el control PID aplicado a la microaspersión. Esta es una característica que casi puede ser denominada como una ventaja de cara a su implementación en viveros pequeños ya que permite bajar la complejidad tecnológica necesaria para poder observar los efectos que se tienen en la reducción del consumo de agua. De hecho, Márquez et al. (2024b) resaltan la propia utilidad de los sistemas automatizados para cultivos de pequeña superficie, mediante el uso de sensores, almacenamiento de información y el monitoreo remoto, por ejemplo.

Conclusiones

- La evaluación permitió detectar cuatro áreas críticas, consumo de agua, uniformidad de distribución, precisión en la regulación del suministro y estabilidad de la humedad. La evidencia experimental concluyó que el método convencional presentaba mayores problemas en esas áreas críticas donde la microaspersión con control PID logró reducir el consumo de 14 a 7,5 L/día, aumentar la autonomía del tanque de 17,8 a 33,3 días y mejorar el control de la humedad.
- Por lo tanto, los resultados respaldan la importancia de integrar tecnologías IoT en el sistema de riego, ya que el problema identificado fue examinado a través de la observación, las entrevistas, la medición experimental del consumo y el registro instrumental de la humedad, no únicamente mediante una valoración subjetiva. Asimismo, la investigación confirmó que se combinan PLC, PID, HMI, Node-RED y Ubidots para supervisar variables como la bomba de agua, los microaspersores, la humedad y la temperatura.

Referencias Bibliográficas

1. Anchundia, J., & Vera, C. (2025). *Implementación de un sistema de riego automatizado a través de sensores a los exteriores del bloque de informática en la universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí*. https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/7184?utm_source=chatgpt.com
2. Calderón, S., Centella, M., Samaniego, M., & Collado, E. (2021). Sistema de riego basado en controlador PID para la adecuación de la humedad del suelo en invernaderos. *Revista de Iniciación Científica*, 7(1), 9–15. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v7.1.3041>
3. Chile, B., & Ortiz, R. (2021). Dinámica de la distribución del agua en el sistema de riego Tumbaco

- en Ecuador. *Siembra*, 8(2). <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.3074>
4. Chugá, M. (2022). Diseño e Implementación de un Sistema de Riego Inteligente y Monitoreo de Variables Edafológicas y Meteorológicas Activado por IoT. *Universidad Internacional SEK*, 104. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/4876>
 5. Delgado, J. (2021). Estudio de un sistema de riego automatizado para mejorar la producción agrícola en la Hacienda “Las Cabeza” del Cantón Flavio Alfaro. *Repositorio*, 110. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/3041/3718>
 6. Dominguez, W., Narea, F., Tapia, L., Carrillo, C., & Nieto, C. (2025). Impacto social de la eficiencia hidráulica en sistemas de riego: El caso de la red de canales del sistema San Jacinto. *E-Revista Multidisciplinaria Del Saber*, 1–13. <https://doi.org/10.61286/e-rms.v3i.278>
 7. Freire, M., Espinoza, J., & Urgilés, H. (2023). *Sistema de riego automatizado para el cultivo de arroz en Santa Lucía*. 58230. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/58230>
 8. Guambo, D., & Ordoñez, D. (2022). Desarrollo de un sistema de riego automatizado por aspersión mediante comunicación IoT. *Universidad Politecnica Salesiana*, 114. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24009/1/UPS-GT004151.pdf>
 9. Hasang, E., Cobos, F., Lombeida, E., & Uvidia, M. (2022). Evaluación de la calidad de agua en el sistema de riego cedege, Babahoyo Ecuador. *Journal of Science Research*, 7, 147–160. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/es/article/view/2744/2342>
 10. Jaramillo, D., Pachana, W., Cumbicos, A., & Escudero, N. (2023). Sistema de riego inteligente para el mantenimiento de áreas verdes en una institución educativa. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 10(2), 50–63. <https://doi.org/10.26423/rctu.v10i2.740>
 11. Laverde, J., & Laverde, C. (2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(5), 2. <https://www.scielo.org.mx/pdf/dilemas/v8n2/2007-7890-dilemas-02-00031.pdf>
 12. López, M., Neri, E., Rodríguez, H., Moreno, Y., Rocandio, M., & Segura, T. (2024). *La importancia de los sistemas de riego para el uso eficiente del agua en la agricultura*. doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12587
 13. Márquez, J., Prieto, A., Manrique, M., & Sánchez, Ó. (2024a). Sistema de riego automatizado para un cultivo de pequeña superficie. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 36(2), 32–45. <https://doi.org/10.37815/rte.v36n2.1227>
 14. Márquez, J., Prieto, A., Manrique, M., & Sánchez, Ó. (2024b). Sistema de riego automatizado para un cultivo de pequeña superficie. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 36(2), 32–45. <https://doi.org/10.37815/rte.v36n2.1227>
 15. Medina, C., Ponce, J., & Félix, C. (2026). Monitoreo y control automatizado del riego mediante tecnología IoT en cultivos agrícolas de ciclo corto. *Revista Multidisciplinar Voces de América y El Caribe*, 3. <https://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rctu/v10n2/1390-7697-rctu-10-02-00050.pdf>
 16. Ortiz, R., Pazmiño, J., & Chile, M. (2021). Eficiencia en el sistema de riego Tumbaco, Ecuador.

Ciencias Agrarias / Agricultural Sciences Cienc Tecn UTEQ, 14(1), 2.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v14i1.443>

17. Perea, F., & Bustamante, G. (2024). Prototipo de sistema de riego automatizado con control de humedad por histéresis y monitoreo IoT para la reducción del recurso hídrico. *Universidad Politécnica Salesiana*, 8(5), 55. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30472/1/UPS-GT006453.pdf>
18. Rhor, J., & Cazar, D. (2025a). Hacia una agricultura resiliente al cambio climático : sistemas de riego inteligente y monitoreo de humedad del suelo para cultivos en la zona andina. *Acta*, 17, 1–15. <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/es/article/view/3299/4491>
19. Rhor, J., & Cazar, D. (2025b). Hacia una agricultura resiliente al cambio climático: sistemas de riego inteligente y monitoreo de humedad del suelo para cultivos en la zona andina. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 17(1), 7261. <https://doi.org/10.18272/aci.v17i1.3299>
20. Rios, L., Ordonez, J., Bulla, B., Gómez, O., Enciso, R., & Martínez, M. (2024). IoT network to water management in an irrigation district: Study case in Colombia. *Journal of Applied Research and Technology*, 13(1), 145–159. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-64232015000100014
21. Sánchez, L., Cárdenas, M., Murillo, J., & Chacón, V. (2025). El Internet de las cosas en la agricultura. *Polo Del Conocimiento*, 10(2), 766–778. <https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/es/article/view/1227/803>