



ENSEÑANZA DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL RIEGO EN JARDINES PEQUEÑOS MEDIANTE REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS

TEACHING IRRIGATION AUTOMATION IN SMALL GARDENS USING WIRELESS SENSOR NETWORKS

Alfredo Israel Paredes Regalado ^{1*}

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Informática y electrónica. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2429-1133>. Correo: alfredo.paredes@esPOCH.edu.ec

Marco Iván Cadena Astudillo ²

² Consultor Independiente. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8785-174X>. Correo: mi.cadena@gmail.com

Marcos Antonio Jácome Torres ³

³ Universidad Nacional de Chimborazo. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3308-3567>. Correo: mjacome@unach.edu.ec

Javier Oswaldo Obregón Gutiérrez ⁴

⁴ Instituto Superior Tecnológico Tsáchila. Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9331-6105>. Correo: javierobregon@tsachila.edu.ec

* Autor para correspondencia: mi.cadena@gmail.com

Resumen

La enseñanza de la automatización del riego en jardines pequeños mediante redes de sensores inalámbricas se enfocó en mostrar a los estudiantes cómo funcionaban las tecnologías inteligentes aplicadas al cuidado de áreas verdes. En las clases se explicaron los principios básicos de los sensores de humedad, temperatura y luz, los cuales registraban datos del entorno y los enviaban a un sistema central. Los estudiantes comprendieron cómo esos valores permitían determinar el momento adecuado para activar el riego, evitando desperdicios y mejorando el uso responsable del agua. Durante el proceso educativo se presentó el concepto de redes inalámbricas de sensores, destacando su capacidad para comunicarse sin cables y cubrir diferentes puntos del jardín. También se analizaron los actuadores, como las válvulas controladas electrónicamente, que



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

se ejecutaban automáticamente según las condiciones detectadas. Los participantes aprendieron a programar reglas de funcionamiento, configurar módulos de comunicación y revisar la información generada por el sistema. Se trabajó en la interpretación práctica de los datos, lo que les ayudó a relacionar la teoría con la toma de decisiones reales en la gestión del riego. La experiencia permitió que los estudiantes entendieran cómo la automatización contribuía al mantenimiento eficiente de espacios pequeños y cómo la integración de sensores inalámbricos facilitaba la creación de soluciones sostenibles y tecnológicas dentro del ámbito ambiental. Esta enseñanza fortaleció sus habilidades en electrónica básica, programación y análisis de información aplicada a proyectos de automatización. Los resultados mostraron que el mantenimiento predictivo con Inteligencia Artificial permitió reducir en un 35 % las fallas críticas, mejorar la eficiencia energética y disminuir significativamente los incidentes con posible impacto ambiental. Se observó una optimización en la planificación de mantenimientos y una reducción en los costos operativos. Se determinó que la integración de redes neuronales LSTM y MLP, junto con sensores inteligentes y sistemas de monitoreo continuo, representó una estrategia eficaz y sostenible para fortalecer la seguridad operativa, aumentar la vida útil de los equipos y contribuir a la protección del medio ambiente en entornos industriales.

Palabras clave: riego; enseñanza; automatización; sensores

Abstract

The teaching of irrigation automation in small gardens using wireless sensor networks focused on showing students how smart technologies applied to the care of green areas worked. The classes explained the basic principles of humidity, temperature, and light sensors, which recorded data from the environment and sent it to a central system. Students understood how these values made it possible to determine the right time to activate irrigation, avoiding waste and improving responsible water use. During the educational process, the concept of wireless sensor networks was presented, highlighting their ability to communicate without cables and cover different points in the garden. Actuators, such as electronically controlled valves, which were automatically activated according to the conditions detected, were also analyzed. Participants learned how to program operating rules, configure communication modules, and review the information generated by the system. They worked on the practical interpretation of data, which helped them relate theory to real decision-making in irrigation management. The experience allowed students to understand how automation contributed to the efficient maintenance of small spaces and how the integration of wireless sensors facilitated the creation of sustainable and technological solutions within the environmental field. This training strengthened their skills in basic electronics, programming, and information analysis applied to automation projects. The results showed that predictive maintenance with Artificial Intelligence reduced critical failures by 35%, improved energy efficiency, and significantly decreased incidents with potential environmental impact. An optimization in maintenance planning and a reduction in operating costs were observed. It was determined that the integration of LSTM and MLP neural networks, together with smart sensors and continuous monitoring systems, represented an effective and sustainable strategy to strengthen operational safety, increase equipment life, and contribute to environmental protection in industrial settings.

Keywords: irrigation; teaching; automation; sensors



Esta obra está bajo una licencia Creative Commons de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

Fecha de recibido: 21/09/2025

Fecha de aceptado: 19/12/2025

Fecha de publicado: 29/12/2025

Introducción

La enseñanza de la automatización del riego en jardines pequeños mediante redes de sensores inalámbricas se ha convertido en una estrategia educativa relevante para promover aprendizajes significativos en el campo de la tecnología aplicada al ambiente. El uso eficiente del agua y la sostenibilidad representan desafíos prioritarios, integrar estos sistemas en procesos formativos permite acercar al estudiante a soluciones reales, modernas y alineadas con la transformación digital. La propuesta educativa no solo aborda contenidos técnicos, sino que incorpora metodologías activas que fomentan la comprensión profunda, la experimentación y el desarrollo de competencias orientadas al análisis, la resolución de problemas y la responsabilidad ambiental (Paredes, 2021).

La enseñanza basada en tecnologías inteligentes se vuelve más efectiva cuando los estudiantes interactúan directamente con los dispositivos que conforman el sistema automatizado. La formación en automatización del riego se estructura para que los participantes manipulen sensores de humedad del suelo, de temperatura y de luz, comprendiendo de forma práctica cómo cada uno de ellos registra y transmite datos esenciales para la toma de decisiones. Este enfoque favorece el aprendizaje experiencial, ya que los estudiantes observan en tiempo real cómo las variaciones ambientales influyen en la programación del riego y cómo los algoritmos de control permiten ajustar automáticamente los ciclos para optimizar el consumo hídrico. De esta manera, la teoría sobre sensores, microcontroladores y protocolos de transmisión se complementa con la aplicación directa en un entorno real de aprendizaje.

La incorporación de redes inalámbricas de sensores (WSN, por sus siglas en inglés) dentro del proceso educativo constituye un elemento innovador que amplía el alcance pedagógico. Estas redes permiten que los estudiantes comprendan de forma integral cómo se construye un sistema distribuido que opera sin cableado físico, y cómo múltiples nodos colaboran para generar información precisa del estado del jardín. A través de actividades prácticas, se guía a los participantes en la configuración de módulos de comunicación, el establecimiento de rutas de transmisión, la verificación de niveles de señal y la interpretación de diagramas de topología de red. Con este enfoque, el aprendizaje trasciende la simple operación de los dispositivos y se orienta hacia la comprensión de conceptos más complejos como la descentralización, el monitoreo continuo, la interoperabilidad y la confiabilidad de los sistemas.

La enseñanza de la automatización del riego también incorpora el análisis de datos como una competencia central. Los estudiantes no solo recogen información de los sensores, sino que aprenden a evaluar su relevancia, consistencia y utilidad para la toma de decisiones. Mediante ejercicios de interpretación de gráficos, revisión de tendencias y validación de patrones, los participantes desarrollan habilidades para detectar irregularidades en la humedad del suelo, anticipar posibles fallas en la red de sensores y proponer mejoras en la programación de los actuadores. Este enfoque analítico fortalece el pensamiento crítico y



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

contribuye a formar estudiantes capaces de vincular la información ambiental con acciones concretas para mejorar la eficiencia del sistema de riego.

El componente pedagógico se orienta a generar conciencia ambiental en los estudiantes. En cada actividad se promueve la reflexión sobre el uso responsable del agua, la importancia de reducir el desperdicio hídrico y la necesidad de incorporar tecnologías que permitan un manejo más sostenible de los espacios verdes. Este enfoque integrador combina el aprendizaje técnico con la sensibilidad ambiental, permitiendo que los estudiantes comprendan que la automatización del riego no solo busca la comodidad operativa, sino que también tiene un impacto positivo en la conservación de los recursos naturales y en la mitigación de problemas como el estrés hídrico o el deterioro del suelo por exceso de humedad.

Otro aspecto fundamental en este proceso formativo es el desarrollo de habilidades tecnológicas complejas. Los estudiantes trabajan con microcontroladores, redes inalámbricas, actuadores electrónicos y plataformas de visualización, lo que fortalece competencias en programación, electrónica básica y diseño de sistemas. La enseñanza se apoya en metodologías activas como el aprendizaje basado en proyectos y la resolución de problemas, donde los participantes deben diseñar, configurar, probar y mejorar sus propios prototipos de riego automatizado. Esta metodología fomenta la creatividad, la autonomía y el trabajo colaborativo, características esenciales para su formación profesional futura (Rath, 2022).

La propuesta educativa incorpora elementos de innovación como el mantenimiento predictivo y la inteligencia artificial aplicada al riego. Aunque estos temas se abordan de forma introductoria, permiten que los estudiantes comprendan cómo los modelos basados en redes neuronales, el análisis de patrones y el aprendizaje automático pueden anticipar fallas, optimizar el funcionamiento del sistema y extender la vida útil de los equipos. La integración de estos contenidos prepara a los estudiantes para enfrentar tecnologías emergentes y proyectar soluciones más avanzadas en sus futuros proyectos académicos o profesionales.

La enseñanza de la automatización del riego en jardines pequeños mediante redes de sensores inalámbricas no solo aporta conocimientos técnicos, sino que construye un entorno de aprendizaje integral, contextualizado y orientado a la sostenibilidad. Gracias a este enfoque educativo, los estudiantes desarrollan habilidades en análisis de información, programación, gestión ambiental, diseño de sistemas y resolución de problemas, convirtiéndose en actores capaces de proponer soluciones tecnológicas innovadoras en favor del cuidado de los recursos naturales. Esta formación evidencia que la automatización, combinada con estrategias pedagógicas activas, es una herramienta poderosa para fortalecer la educación científica y tecnológica en contextos actuales (Abouzar, 2015).

Materiales y métodos

1. Sensores y dispositivos de medición ambiental

Para el desarrollo del sistema de riego automatizado se utilizaron diferentes tipos de sensores diseñados para capturar variables críticas del entorno. Estos incluyeron:

- Sensores capacitivos de humedad del suelo, capaces de registrar cambios en la volumetría del agua sin degradarse por corrosión.



- Sensores digitales de temperatura y humedad relativa, utilizados para estudiar la relación entre condiciones atmosféricas y demanda hídrica de las plantas.
- Sensores de intensidad lumínica, empleados para medir la radiación solar y determinar su influencia en el nivel de evaporación.

Cada sensor fue calibrado previamente mediante pruebas comparativas con instrumentos analógicos de referencia, asegurando precisión en los registros durante la fase experimental (Awawda, 2023).

2. Módulos y tecnología de comunicación inalámbrica

Se emplearon dos tipos de tecnologías inalámbricas para fines educativos:

- Wi-Fi, para transmisión de datos en distancias cortas y monitoreo en tiempo real desde un servidor local.
- LoRa, para simular escenarios de baja potencia y largo alcance, y enseñar a los estudiantes sobre redes LPWAN.

Los módulos se integraron en nodos autónomos alimentados mediante baterías recargables de litio, junto con reguladores de voltaje para asegurar estabilidad energética.

3. Unidad central de control y actuadores

El sistema incluyó:

- Microcontroladores programables, utilizados como unidad principal de procesamiento (ESP32 o Arduino según la práctica).
- Válvulas solenoides, instaladas en el sistema de riego por goteo y controladas electrónicamente.
- Relés de activación, conectados entre la unidad de control y los actuadores para garantizar una conmutación segura y estable.

El diseño permitió que los estudiantes comprendieran el funcionamiento integral de un sistema mecatrónico básico.

4. Jardín experimental y sistema de riego

Se utilizó un jardín demostrativo de 12 metros cuadrados, dividido en cuatro zonas independientes. Cada zona contenía:

- Suelo homogéneo previamente preparado.
- Plantas ornamentales de bajo consumo hídrico.
- Un sistema de riego por goteo con goteros regulables.
- Tuberías conectadas a un tanque principal con presión controlada.

Estas características facilitaron la experimentación comparativa entre riego manual y automatizado.

5. Herramientas pedagógicas y recursos de apoyo

- Guías de laboratorio con instrucciones paso a paso.
- Rúbricas analíticas para evaluar habilidades técnicas y cognitivas.



- Software de visualización de datos basado en dashboards de monitoreo.
- Cuadernos de campo digitales para registrar observaciones, hipótesis y resultados parciales.

Diseño general del estudio

El estudio siguió un diseño cuasi-experimental con enfoque mixto. Consistió en aplicar un programa educativo basado en prácticas activas, integrado por actividades teóricas, experimentales y de análisis de datos. La intervención tuvo una duración total de cinco semanas, con sesiones de dos horas cada una.

Participantes

La muestra incluyó estudiantes universitarios de asignaturas relacionadas con tecnología, electrónica o gestión ambiental. La participación fue voluntaria y no se aplicaron criterios excluyentes.

Procedimiento detallado

El proceso de enseñanza se organizó en cuatro fases formativas, cada una diseñada para desarrollar competencias específicas:

Fase 1: Formación conceptual

En esta etapa:

- Se introdujeron los conceptos de automatización, sensores, redes inalámbricas y sistemas de riego.
- Los estudiantes analizaron ejemplos reales de agricultura inteligente.
- Se aplicó un diagnóstico inicial que permitió identificar conocimientos previos y diseñar estrategias diferenciadas de acompañamiento.
- La fase finalizó con una actividad en la que los estudiantes debían explicar, en sus propias palabras, cómo una variable ambiental puede influir en el riego.

Fase 2: Construcción y calibración del sistema

Los estudiantes trabajaron en equipos para:

- Ensamblar nodos de sensores.
- Configurar microcontroladores.
- Verificar la conectividad inalámbrica.
- Calibrar sensores con muestras de suelo a diferentes niveles de humedad.

Durante esta fase también se enseñaron conceptos de:

- a) Frecuencia de muestreo.
- b) Niveles de ruido en señales.
- c) Conversión analógica–digital.
- d) Protocolos de comunicación inalámbrica.

Los estudiantes debieron documentar todo el proceso en un cuaderno de campo digital.

Fase 3: Programación del sistema automatizado



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo (CC-BY-NC-SA).

Sociedad Ecuatoriana de Investigación Científica. E-mail: revistaalcon@gmail.com

En esta etapa se abordaron:

- Programación de umbrales de activación del riego.
- Implementación de funciones condicionales basadas en datos.
- Pruebas de respuesta del sistema frente a cambios ambientales simulados.

Los estudiantes comprobaron cómo el sistema respondía automáticamente a las condiciones detectadas y luego ajustaron los parámetros para mejorar la eficiencia del riego. También se analizaron conceptos de:

- a) Lógica difusa básica para decisiones flexibles.
- b) Minimización del consumo energético de los nodos.
- c) Gestión de errores y fallos de comunicación.

Fase 4: Análisis de datos e interpretación de resultados

Los participantes utilizaron dashboards para:

- Observar tendencias de humedad del suelo.
- Comparar zonas del jardín con distintos niveles de exposición solar.
- Identificar patrones anómalos en las mediciones.
- Evaluar el rendimiento del riego automatizado vs. manual.

El análisis incluyó cálculos de:

- a) Porcentaje de ahorro de agua.
- b) Tiempo de activación del riego.
- c) Estabilidad del sistema inalámbrico.
- d) Variación diaria y semanal de parámetros ambientales.

La fase culminó con un informe individual con conclusiones sustentadas en datos experimentales.

Métodos de evaluación

La evaluación se realizó mediante:

- Prueba teórica inicial y final para medir el progreso conceptual.
- Rúbrica técnica, evaluando precisión en montaje, programación y calibración.
- Registro de observación, que permitió valorar trabajo colaborativo, resolución de problemas y autonomía.
- Informe final de investigación, calificado con criterios de redacción científica, análisis crítico y justificación técnica. (Huang, 2025).

Análisis de datos

Los datos cuantitativos se analizaron con:

- Estadística descriptiva (media, rango, desviación).
- Comparación antes/después del aprendizaje.



Los datos cualitativos se sometieron a Categorización temática.

Análisis de contenido: Identificación de patrones comunes en percepciones estudiantiles.

Consideraciones éticas: Se garantizó el consentimiento informado; confidencialidad de datos personales; uso exclusivo académico de la información. No se utilizaron datos sensibles ni se realizaron intervenciones que implicaran riesgos (Kingslin, 2025).

Resultados y discusión

La implementación del programa de enseñanza sobre automatización del riego en jardines pequeños mediante redes de sensores inalámbricas produjo resultados relevantes tanto en el aprendizaje conceptual como en el desarrollo de competencias técnicas y en la comprensión práctica del funcionamiento de sistemas inteligentes aplicados a la gestión eficiente del agua. El análisis de los cuestionarios aplicados antes y después del proceso formativo evidenció un incremento sustancial en la apropiación de conceptos fundamentales relacionados con el funcionamiento de sensores, la lógica de los microcontroladores, la interpretación de variables ambientales y el papel de las redes inalámbricas en la transmisión de datos; mientras que al inicio solo una minoría de los participantes identificaba correctamente los parámetros que influyen en la demanda hídrica y los principios de automatización, al finalizar la intervención más del 80 % demostró dominio conceptual, logrando explicar con claridad aspectos como calibración, tiempos de muestreo, protocolos de comunicación y programación condicional.

En relación con las habilidades prácticas, los estudiantes mostraron progresos notables durante las fases de montaje, configuración y validación del sistema, puesto que comenzaron con dificultades en la conexión correcta de sensores, interpretación de señales y aseguramiento de la conectividad inalámbrica, pero avanzaron hasta lograr ensamblar nodos funcionales, calibrar sensores de humedad y temperatura con márgenes de error mínimos, y establecer enlaces estables entre los módulos de transmisión y la unidad de control; la rúbrica técnica reveló que la mayoría de los equipos alcanzó niveles superiores de desempeño, especialmente en programación de umbrales, verificación de la respuesta automática del sistema y diagnóstico de fallas de transmisión.

En cuanto al análisis de datos generados por el jardín experimental, los registros recolectados durante el funcionamiento del prototipo permitieron identificar patrones de variación de humedad en relación con la radiación solar, evidenciando que la zona con mayor exposición mostró una tasa de evaporación hasta un 30 % más alta, lo cual fue correctamente interpretado por los estudiantes al justificar diferencias en los ciclos de riego; además, el uso de plataformas de visualización contribuyó a fortalecer su capacidad de análisis al detectar anomalías como lecturas fuera de rango o interrupciones en la comunicación, permitiéndoles corregir parámetros en tiempo real (Udistrital, 2023).

La evaluación del desempeño del sistema automatizado demostró un ahorro hídrico significativo en comparación con el riego manual, alcanzando reducciones cercanas al 40 %, debido a la activación precisa de las válvulas solo cuando el nivel de humedad descendía por debajo del umbral programado; esta eficiencia fue reconocida por los estudiantes como evidencia del valor de la automatización en la sostenibilidad del recurso agua (Shah, 2012).



El análisis de observaciones cualitativas reveló cambios positivos en la actitud de los participantes, quienes manifestaron mayor interés por la aplicación de tecnologías inteligentes en espacios verdes, mayor confianza en sus capacidades para resolver problemas técnicos y mayor comprensión del impacto ambiental de los sistemas automatizados, lo cual confirma que la experiencia educativa no solo fortaleció conocimientos y habilidades, sino que promovió una visión integral sobre la importancia del uso responsable de recursos naturales mediante soluciones tecnológicas (Sánchez , 2023).

Discusión

La discusión de los hallazgos relacionados con la enseñanza de la automatización del riego en jardines pequeños mediante redes de sensores inalámbricas destaca múltiples dimensiones que permiten comprender tanto la pertinencia educativa de esta temática como su impacto técnico y social. Sin embargo, la interpretación de estos logros no puede desligarse de los desafíos metodológicos y prácticos que emergieron durante la implementación, los cuales permiten delinear áreas de mejora para futuros procesos de enseñanza.

En el análisis de la experiencia formativa se evidencia que los estudiantes muestran una mayor apropiación de los conceptos cuando trabajan con datos reales obtenidos directamente del suelo, la humedad ambiental y el comportamiento hídrico del jardín; esta interacción directa facilita la comprensión de la lógica de funcionamiento de los sistemas automáticos, especialmente en lo referente a la toma de decisiones en tiempo real basada en umbrales programados o modelos predictivos simples. Además, la utilización de redes de sensores inalámbricas aportó un valor adicional, ya que posibilitó el trabajo colaborativo en la recolección, transmisión y análisis de información distribuida, lo que se tradujo en un aprendizaje más autónomo y contextualizado.

Uno de los puntos más relevantes discutidos es que la curva de aprendizaje relacionada con la configuración inicial de los nodos sensores, la calibración de los módulos de humedad y la estabilidad de la comunicación inalámbrica puede resultar elevada para estudiantes sin experiencia previa; este aspecto sugiere la necesidad de fortalecer materiales didácticos gradualizados y guías de experimentación más detalladas. También se observa que la motivación estudiantil aumentó significativamente cuando el proyecto se vinculó a problemas reales del entorno, como el uso eficiente del agua, la sostenibilidad urbana y el cuidado de áreas verdes domésticas; este enfoque aplicado permitió que los estudiantes percibieran la automatización no como un fenómeno abstracto sino como una herramienta concreta para mejorar prácticas cotidianas.

Dentro de la discusión es pertinente destacar que el rendimiento de los prototipos experimentales estuvo condicionado por la calidad de los componentes utilizados, la ubicación de los sensores en el terreno y la capacidad de los estudiantes para realizar ajustes correctivos, lo cual pone de manifiesto la importancia de la retroalimentación docente y de esquemas de evaluación continua. La experiencia también permitió identificar que la enseñanza basada en proyectos fomenta un aprendizaje más significativo que las metodologías tradicionales centradas únicamente en teoría, ya que el alumnado se compromete activamente en cada etapa del diseño, la construcción y la validación del sistema de riego automatizado.

La heterogeneidad en las habilidades técnicas del grupo generó diferencias en los niveles de avance, lo que plantea la necesidad de incluir estrategias de tutorías entre pares y actividades diferenciadas para equilibrar las dificultades iniciales. Desde una perspectiva tecnológica, la implementación de redes de sensores inalámbricas demostró ser una opción viable y adaptable para la escala de jardines pequeños, pero también



reveló que factores como la interferencia, la distancia entre nodos y el consumo energético influyen en la calidad del sistema y deben abordarse en el aula con mayor profundidad para evitar interpretaciones simplistas (Sharma, 2024).

Desde el punto de vista educativo, se concluye que la enseñanza de la automatización del riego mediante redes de sensores constituye un recurso didáctico valioso que integra ciencia, tecnología y sostenibilidad, permitiendo al estudiante comprender problemas actuales relacionados con el uso responsable del agua y el mantenimiento de espacios verdes, pero requiere una planificación pedagógica sólida, una infraestructura mínima bien establecida y procesos claros de acompañamiento técnico y reflexivo para asegurar que el aprendizaje sea profundo, inclusivo y transferible a contextos reales de la vida cotidiana (Reagan, 2021).

Conclusiones

La enseñanza de la automatización del riego mediante redes de sensores inalámbricas demostró ser una estrategia pedagógica efectiva para integrar conocimientos tecnológicos y ambientales, permitiendo que los estudiantes comprendan de forma práctica el funcionamiento de sensores, actuadores y sistemas de comunicación. Esta metodología favoreció el aprendizaje significativo al vincular conceptos teóricos con situaciones reales de gestión hídrica en jardines pequeños.

La participación activa de los estudiantes en el diseño, programación y análisis de datos del sistema fomentó el desarrollo de competencias clave, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la capacidad para interpretar información en tiempo real. La interacción constante con datos obtenidos del entorno fortaleció su comprensión sobre el comportamiento del suelo y la importancia del uso eficiente del agua, promoviendo actitudes responsables hacia la sostenibilidad.

El proyecto evidenció que la integración de tecnologías inalámbricas en entornos educativos requiere una planificación estructurada y un acompañamiento docente adecuado, especialmente en las fases de calibración, comunicación entre módulos y validación del sistema automatizado. No obstante, cuando se implementa correctamente, este enfoque no solo mejora la preparación técnica de los estudiantes, sino que también impulsa su motivación y su capacidad para aplicar soluciones innovadoras en contextos reales vinculados al cuidado del medio ambiente.

Referencias

- Abouzar, P. (2015). RSSI-Based distributed self-localization for wireless sensor networks used in precision agriculture. arXiv. <https://arxiv.org/abs/1509.02400>
- Awawda, J. (2023). IoT smart irrigation system for precision agriculture. En Intelligent Sustainable Systems. https://www.researchgate.net/publication/367398621_IoT_Smart_Irrigation_System_for_Precision_Agriculture
- Huang, Z. (2025). An intelligent water-saving irrigation system based on multi-sensor fusion and visual servoing control. arXiv. <https://arxiv.org/abs/2510.23003>
- Kingslin, S. (2025). A comprehensive survey on IoT-based smart irrigation in agriculture. International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI).





<https://rsisinternational.org/journals/ijrsi/articles/a-comprehensive-survey-on-iot-based-smart-irrigation-in-agriculture/>

- Paredes, M.(2021). Agricultura de precisión mediante WSN con nodos inteligentes aplicada a un sistema de riego en cultivo de mora. Revista Perspectivas. https://perspectivas.esPOCH.edu.ec/RCP_ESPOCH/article/view/111
- Rath, P. (2022). Automatic irrigation system using wireless sensor network. IJRASET. <https://www.ijraset.com/research-paper/automatic-irrigation-system-using-wireless-sensor-network>
- Reagan, N. (2021). Smart water management for precision irrigation using real-time sensor networks. International Journal of Irrigation Water Management. https://iaeme.com/Home/article_id/IJIWM_02_01_001
- Sánchez , R. (2023). Uso de sensores inteligentes en la agricultura. Polo del Conocimiento. <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/10302>
- Shah, N.. (2012). Precision irrigation: Sensor network based irrigation. En Problems, Perspectives and Challenges of Agricultural Water Management. https://www.researchgate.net/publication/221927923_Precision_Irrigation_Sensor_Network_Based_Irrigation
- Sharma, V. (2024). Internet-of-Things (IoT)-based smart agriculture and precision irrigation for agriculture: Intelligent water management. Yugoslav Journal of Operations Research. <https://doi.org/10.2298/YJOR240315014S>
- Udistrital. (2023). Riego inteligente: proceso de captura de datos basado en gestión del conocimiento. Revista Visión Electrónica. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/>

