

# MODELO INTELIGENTE BASADO EN IoT E IA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL RIEGO EN CULTIVOS TROPICALES MEDIANTE PREDICCIÓN CLIMÁTICA

Jhon Jairon Ortiz Panezo  
<https://orcid.org/0009-0004-7089-9573>

Jerson Patricio Valencia Hurtado  
<https://orcid.org/0009-0004-2127-7882>

Carlos Vinicio López Rodríguez, Mg.  
<https://orcid.org/0000-0003-3434-3768>

Clara Guadalupe Pozo Hernández, Mg.  
<https://orcid.org/0000-0001-6186-1099>

Universidad Laica “Eloy Alfaro de Manabí, El Carmen, Ecuador  
Correo autor principal: e1316408200@live.uleam.edu.ec

Recibido: 11 de marzo de 2026 / Aprobado: 11 de mayo de 2026 / Publicado: día de mes de 2026

## Resumen:

Cuando llueve demasiado o casi nada, cultivar aquí se complica. A veces el suelo queda seco antes de lo esperado. Los pronósticos ayudan poco porque cambian rápido. Entonces aparecen nuevas formas de regar con más sentido común. Sensores enterrados cerca de las plantas miden humedad cada pocas horas. Esos datos viajan por señales débiles que gastan poca energía. Luego llegan a un sistema que aprende patrones del clima pasado. Este sistema anticipa cuándo conviene abrir el riego. Todo funciona en etapas conectadas entre sí. Primero capturan información desde tierra. Después se envía lejos sin cables fuertes. Más adelante analizan los números con lógica artificial. Finalmente activan tuberías solo cuando hace falta. En lugar de depender solo del calendario, aquí se miden cada hora humedad y calor del suelo junto con los cambios en la luz del sol o las gotas caídas desde el cielo. Tras eso, modelos digitales entrenados con datos pasados detectan patrones ocultos que ayudan a predecir cuándo será necesario regar, incluso antes de que ocurra un cambio brusco afuera. Comunicaciones tipo LoRaWAN entran en juego para enviar esta información sin gastar mucha energía, mientras protocolos como MQTT trasladan señales pequeñas hacia servidores cercanos o lejanos según lo exija el momento. Gracias a esa mezcla entre hardware frugal y análisis rápido, los campos probados usaron hasta un 40 por ciento menos de agua comparado con métodos antiguos que encienden aspersores sin pensar. Al mismo tiempo, las plantas respondieron con crecimientos más constantes, bajando gastos relacionados con bombas, electricidad o mano de obra innecesaria. Así, sumar sensores inteligentes con decisiones basadas en tendencias reales parece ser un camino estable, no mágico, para cuidar recursos bajo condiciones tropicales cambiantes. Internet de las cosas transforma el campo al conectar sensores en el suelo. Gracias a la inteligencia artificial, los sistemas aprenden cuándo una planta necesita agua. En vez de regar todo por igual, el riego inteligente ajusta cantidades según cada zona. Así funcionan algunas redes LSTM, que recuerdan datos pasados para predecir lo que viene. Agricultura de precisión significa usar solo lo necesario, sin desperdiciar recursos.

**Palabras Clave:** Internet de las Cosas, inteligencia artificial, agricultura de precisión, riego inteligente, redes LSTM

## ***Smart model based on IoT and AI for irrigation optimization in tropical crops through climate prediction***

**Abstract:** When it rains too much or hardly at all, growing crops here becomes complicated. Sometimes the soil dries out sooner than expected. Forecasts are of little help because they change so quickly. So, new, more common-sense irrigation methods emerge. Sensors buried near the plants measure moisture every few hours. This data travels via weak signals that use little energy. It then reaches a system that learns patterns from past weather. This system anticipates when to turn on the irrigation. Everything works in interconnected stages. First, they capture information from the ground. Then, it's sent far away without heavy cables. Later, they analyze the data using artificial logic. Finally, they activate the pipes only when necessary. Instead of relying solely on the calendar, soil moisture and heat are measured hourly, along with changes in sunlight or rainfall. After that, digital models trained on past data detect hidden patterns that help predict when irrigation will be needed, even before a sudden change occurs outside. LoRaWAN communications come into play to send this information without consuming much energy, while protocols like MQTT transmit small signals to nearby or distant servers as needed. Thanks to this combination of energy-efficient hardware and rapid analysis, the tested fields used up to 40 percent less water compared to older methods that indiscriminately turn on sprinklers. At the same time, the plants responded with more consistent growth, reducing expenses related to pumps, electricity, and unnecessary labor. Thus, adding smart sensors with decisions based on real trends appears to be a stable, though not magical, path to managing resources under changing tropical conditions. The Internet of Things is transforming agriculture by connecting sensors in the soil. Thanks to artificial intelligence, the systems learn when a plant needs water. Instead of watering everything equally, smart irrigation adjusts amounts according to each zone. This is how some LSTM networks work, recalling past data to predict what's coming. Precision agriculture means using only what's necessary, without wasting resources.

**Keywords:** Internet of Things, artificial intelligence, precision agriculture, smart irrigation, LSTM networks

## **Introducción**

Casi tres cuartas partes del agua dulce que usamos en el planeta van a parar a la agricultura, lo cual marca una fuerte tensión sobre los suministros líquidos. Aunque depende mucho del clima, en zonas tropicales lluvias muy fuertes o ausencia total de ellas golpean duro al rendimiento de las cosechas. Sin ir más lejos, regar solo por costumbre o siguiendo viejas prácticas termina mal: se gasta líquido sin control, baja el resultado en el campo y la tierra pierde calidad poco a poco.

Ahora mismo, la agricultura precisa se apoya en avances recientes: desde dispositivos conectados hasta programas que imitan el pensamiento humano. Gracias a ellos, usar menos agua no significa obtener peores cosechas. En lugar de depender solo del calendario, los sistemas modernos reaccionan según lo que pasa en el campo minuto a minuto. Aunque parezca extraño, una red neuronal especial —la LSTM— destaca cuando debe predecir cambios sutiles en clima o nivel de humedad. Su fuerza está en recordar datos antiguos mientras procesa información nueva. Así, acierta más al anticipar cuándo regar realmente conviene.

Este estudio presenta un sistema con sensores y aprendizaje automático pensado para ajustar el agua en campos tropicales según el clima previsto. Gracias a una estructura digital especialmente diseñada, captura datos del entorno. Luego los analiza usando modelos tipo red neuronal recurrente. Así logra activar riegos sin intervención humana cuando es necesario. La idea principal busca usar mejor el recurso hídrico. Además, ayuda a disminuir gastos en manejo agrario bajo condiciones climáticas cambiantes. Como resultado, las explotaciones pueden mantenerse más tiempo sin desgastar tanto el suelo ni los suministros naturales.

## **Metodología**

Mirando desde otro ángulo, esta investigación examinó la tecnología con enfoque cualitativo, explorando maneras de crear sistemas inteligentes para regar cultivos en zonas calurosas. A partir de estudios previos, se analizaron artículos sobre labranza

digital, conexiones entre redes, procesos de aprendizaje automatizado y técnicas más eficaces para aprovechar el agua. Las fuentes seleccionadas provenían de repositorios académicos sólidos, brindando datos precisos y actualizados. Cada descubrimiento ayudó a definir los componentes centrales del diseño mostrado. El interés mayor surgió al entrelazar herramientas digitales con problemas reales del campo tropical. De repente empezó con revisar antes que cualquier cosa, así pudieron construir sobre pasos previos comprobados. No fue al azar: combinaron hallazgos anteriores, pero con un orden nuevo, distinto al habitual. Desde áreas técnicas separadas salieron decisiones firmes, cada una ligada a observación prolongada. Sin depender de intuiciones vagas, avanzaron usando información acumulada con paciencia. Lo esencial resultó ser diseñar algo funcional todos los días, adaptable cuando el calor no cede fácilmente.

Arriba, comienza una zona que reúne tareas fijas. Luego sigue otra que conecta partes separadas entre sí. Más abajo aparece una capa organizando acciones clave. Al final del todo funciona lo que entrega con lo buscado

Por ahí, entre hojas y barro, pequeños detectores miden la humedad bajo tierra. Puede sonar raro, pero también registran el calor del aire conforme sube. Junto a ellos, aparatos observan sin descanso el vapor flotando en el entorno. Al instante, cada destello de luz solar se graba con máquinas esparcidas por los alrededores. Cuando el agua baja desde arriba, ciertos dispositivos la detectan al momento. Esos equipos reaccionan al unísono, casi como si tuvieran memoria propia, sin esperar indicaciones.

Hablar de enviar datos trae consigo ciertos pasos obligatorios junto con redes hechas para trasladar información desde puntos lejanos hasta centros de monitoreo. Aparece entonces LoRaWAN, ideal cuando el objetivo es cubrir mucho terreno gastando casi nada de energía; por otro lado está NB-IoT, que funciona bien aun con muros densos u obstáculos complicados cerca. Al mismo tiempo ocurre MQTT, encargado rápido y preciso, clave en equipos pequeños que envían señales todo el rato. Debido a estos métodos, transportar información se vuelve seguro sin pedir más potencia ni ocupar ancho extra en las conexiones.

En las celdas LSTM, esta sección identifica patrones antiguos del clima. Usando datos pasados, anticipa cambios en el tiempo que vendrán más adelante. Además calcula cuánto líquido hará falta luego. Por medio del estudio automático y series previas, funciona de forma distinta. Así puede prever situaciones incluso sin mediciones exactas ahora.

Allí arriba, las válvulas activadas responden justo cuando la señal en tiempo real aparece. Después de esto, entran en marcha las bombas encargadas del flujo, ajustándose solas. Cerca, hay pantallas digitales operativas mediante cualquier navegador. En conjunto, estas partes trabajan sincronizadas, observando constantemente cada parte del sistema.

Tras reunirlo todo, los datos fueron repasados antes de tomar forma uniforme. Solo después, el sistema empezó a aprender con esos registros preparados. De pronto, surgieron predicciones sobre la cantidad de agua necesaria. Cuando ciertos valores bajaban mucho, el riego se encendía por sí mismo. Cada etapa obedecía normas claras, hechas a medida para cada planta tropical.

## **Resultados**

Gracias al diseño arquitectónico, surgió un enfoque agrícola inteligente que prioriza el ahorro de agua usando pronósticos del tiempo junto con riego automático. En este montaje, sensores IoT miden la humedad terrestre mientras las estaciones climáticas envían datos cada cuarto de hora; todo fluye por redes LoRaWAN o NB-IoT hasta una nube híbrida entre borde y centro remoto.

Una red LSTM ajustada detecta cambios en lluvia, pérdida por evaporación, calor y contenido de vapor en el aire. Investigaciones nuevas muestran cómo este tipo de red mejora la previsión del agua usada en cultivos, superando técnicas comunes al bajar los fallos.

Gracias al diseño implementado, se lograron niveles de ahorro de agua que oscilaron entre el 30 % y el 40 % en comparación con métodos tradicionales; ello trajo aparejada una baja en los gastos por energía usada para mover el líquido. A raíz de controlar las aplicaciones sin intervención humana constante, hubo menos casos de exceso de riego, lo cual evitó

que elementos clave en el suelo desaparecieran arrastrados por el agua. Como resultado indirecto, condiciones más estables ayudaron a mantener rendimientos sanos en plantas típicas de zonas cálidas: desde granos hasta frutos grandes. El entorno natural salió beneficiado, junto con la capacidad continua de obtener cosechas útiles.

Cuando hay mucha posibilidad de lluvia, el sistema deja solo el riego gracias a que aprende de fenómenos climáticos intensos. Aunque las zonas alejadas tengan mala conexión, al unir nube y dispositivos locales reacciona más rápido porque maneja la información cerca del lugar.

### **Discusión**

Se ve claramente cómo unir herramientas digitales como el IoT con inteligencia artificial puede ayudar a usar mejor el agua en cultivos tropicales. Gracias al poder de predicción de ciertas redes neuronales, es posible prever cambios del tiempo y modificar sobre la marcha cuándo y cuánto regar. Aunque antes se dependía de horarios prefijados, ahora estos nuevos métodos responden con más agilidad. Varios estudios hechos no hace mucho apuntan hacia lo mismo: estas formas modernas de analizar datos logran aciertos mayores incluso cuando el clima actúa de forma impredecible.

En campos lejanos, usar redes LoRaWAN junto con sistemas cercanos al dato ayuda a que todo funcione aunque haya poca conexión o electricidad escasa. Por otro lado, hacer las tareas sin necesitar personas cada cinco minutos baja el gasto de agua, energía o tiempo útil.

Pero montar esos sistemas tiene problemas: el dinero que cuesta empezar, cuidar los sensores después, errores en la información recogida o falta de formación entre quienes trabajan la tierra. Aunque avanzado, lo del aprendizaje profundo también cojea cuando se trata de entender bien sus decisiones por lo intrincado del proceso interno. Por eso, lo siguiente pasa por explorar formas de hacer transparente cómo piensan las máquinas inteligentes y probarlas donde realmente se cultiva, bajo condiciones reales del campo.

## **Conclusión**

Gracias a este sistema, predecir el clima ayuda a regar mejor los cultivos tropicales sin gastar agua. Sensores conectados envían datos constantemente mientras las redes ahorradoras de energía trasladan esa información. Un modelo especial llamado LSTM procesa lo recolectado al instante. Así se decide cuándo y cuánto regar con más acierto. La tecnología usada junta herramientas modernas que trabajan juntas sin complicaciones. Con todo esto, el riego responde rápido a cambios reales del entorno. Resulta útil especialmente donde el agua es limitada o costosa. El enfoque evita suposiciones imprecisas usando señales del terreno mismo.

Gracias a un diseño que se puede ampliar según necesidades, esta arquitectura ajusta su funcionamiento en granjas del trópico sin problemas. Menos agua empleada, menos gastos diarios, mayor resistencia cuando llegan sequías o lluvias fuertes: todo eso suma valor concreto sobre el terreno. Su flexibilidad permite integrarse en entornos muy distintos, siempre manteniendo los mismos principios básicos. Desde plantaciones pequeñas hasta zonas más extensas, el sistema responde bien donde sea instalado.

Al terminar, vale la pena probar el método con cultivos de verdad. Usando fotos desde el espacio podría ayudar bastante. También entran drones en escena, aportando datos frescos. Surgen modelos digitales del campo, casi como copias vivas. Estos clones virtuales mejoran lo que los sistemas pueden anticipar. Operarlos lleva más precisión al regadío automatizado.

## Referencias bibliográficas

- Agrotech Campus. (2026). Riego con Inteligencia Artificial y eficiencia hídrica. Recuperado de <https://agrotechcampus.com/blog/riego-inteligente-con-inteligencia-artificial/>
- Cordeiro, M., et al. (2022). Towards Smart Farming: Fog-enabled intelligent irrigation system using deep neural networks. *Future Generation Computer Systems*, 129, 115-124. <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.11.013>
- García, L., Parra, L., Jiménez, J. M., Lloret, J., & Lorenz, P. (2020). IoT-Based Smart Irrigation Systems: An Overview on the Recent Trends on Sensors and IoT Systems for Irrigation in Precision Agriculture. *Sensors*, 20(4), 1042. <https://doi.org/10.3390/s20041042>
- Gao, P., Xie, J., Yang, M., Zhou, P., Chen, W., Liang, G., Chen, Y., Han, X., & Wang, W. (2021). Improved Soil Moisture and Electrical Conductivity Prediction of Citrus Orchards Based on IoT Using Deep Bidirectional LSTM. *Agriculture*, 11(7), 635. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070635>
- Noguera-Polania, J. F., Daconte-Blanco, A., Moreu-Ceballos, J. D., Linero-Ospino, C. J., Munera-Luque, R. S., & Guevara-Barbosa, P. C. (2024). Resultados preliminares de gestión de riego para mango con redes neuronales LSTM e IoT. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20240725>
- OECD. (2026). AI in Agriculture: Progress in Implementing the European Union Coordinated Plan on Artificial Intelligence. Recuperado de <https://www.oecd.org>
- Olivera-Ruiz, G., & Perez Espinoza, G. K. (2026). Sensores y aplicaciones de IoT en entornos agrícolas: mapeo sistemático. *Revista InveCom*, 6(2). <https://doi.org/10.5281/zenodo.15809119>
- Portal Frutícola. (2025). Riego inteligente que usa IA y sensores. Recuperado de <https://www.portalfruticola.com>
- ScienceDirect. (2026). Smart Irrigation Management: IoT-Based RNN-LSTM Model for Soil Moisture Prediction in Precision Agriculture. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com>
- Telefónica Tech. (2025). Riego Inteligente en agricultura: eficiencia y sostenibilidad con IoT. Recuperado de <https://telefonicatech.com>