



IMPACTO SOCIOECONÓMICO Y ADOPCIÓN TECNOLÓGICA DE SISTEMAS IOT PARA EL RIEGO DE CACAO

SOCIOECONOMIC IMPACT AND TECHNOLOGICAL ADOPTION OF IOT SYSTEMS FOR COCOA IRRIGATION

Mayra Gabriela Naspud Espinoza ¹ *
E-mail: mnapud@uagraria.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1763-3694>
Gloria Patricia Chávez Granizo ¹
E-mail: gchavez@uagraria.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7767-7250>
Diana Karina Mosquera Cadena ¹
E-mail: dmosquera@uagraria.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5498-9163>
Wilmer Omar Pilaloo David ¹
E-mail: wpilaloo@uagraria.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9328-2622>

¹Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Naspud Espinoza, M. G., Chávez Granizo, G. P., Mosquera Cadena, D. K., & Pilaloo David, W. O. (2026). Impacto socioeconómico y adopción tecnológica de sistemas IoT para el riego de cacao. *Universidad y Sociedad*, 18(3), e5873.

RESUMEN:

La gestión ineficiente del riego en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) afecta la economía de la agricultura familiar y el uso racional de los recursos hídricos. El presente estudio evalúa el impacto socioeconómico, agronómico y la adopción de un sistema de automatización del riego basado en la Internet de las Cosas (IoT) en la finca El Rosario, Guayas, Ecuador. Metodológicamente, se aplicó un enfoque mixto: cuantitativo (diseño pre-experimental) para evaluar la eficiencia hídrica y productiva, y cualitativo (observación participante) para analizar la alfabetización digital y la asimilación tecnológica por parte de los agricultores a través de la transferencia de conocimientos desde la academia. Los resultados evidenciaron que el sistema generó una reducción del 25% en el consumo de agua y estabilizó la humedad del suelo, traduciéndose en un incremento del 15% en la productividad, lo que asegura un retorno de inversión favorable a corto plazo para el productor. Socialmente, la implementación demostró que la tecnología no desplaza la mano de obra, sino que reduce la carga física extenuante, fomenta la capacitación técnica y facilita la inclusión de jóvenes y mujeres en la gestión agrícola. Se concluye que el vínculo Universidad-Sociedad es clave para romper la brecha digital, demostrando que

la adopción de tecnologías IoT es una estrategia viable para frenar el éxodo rural y fomentar el desarrollo sostenible local.

Palabras clave: Adopción tecnológica, Internet de las cosas (IoT), Desarrollo rural, Retorno de inversión, Sostenibilidad hídrica.

ABSTRACT:

Inefficient irrigation management in cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivation affects the economy of family farming and the rational use of water resources. This study evaluates the socioeconomic and agronomic impact, as well as the adoption of an Internet of Things (IoT)-based irrigation automation system at El Rosario farm, Guayas, Ecuador. Methodologically, a pre-experimental design was combined to evaluate water efficiency against traditional practices, along with an analysis of digital literacy and technological assimilation by farmers through knowledge transfer from academia. The results showed that the system generated a 25% reduction in water consumption and stabilized soil moisture, resulting in a 15% increase in productivity, ensuring a favorable short-term return on investment for the producer. Socially, the implementation demonstrated that technology does not displace labor but reduces strenuous physical workload, promotes technical training, and facilitates the inclusion of youth and



women in agricultural management. It is concluded that the University-Society link is key to bridging the digital divide, demonstrating that the adoption of IoT technologies is a viable strategy to stop rural exodus and promote local sustainable development.

Keywords: Technological adoption, Internet of Things (IoT), Rural development, Return on investment, Water sustainability.

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola enfrenta en la actualidad desafíos sin precedentes derivados del crecimiento demográfico, el cambio climático y la creciente escasez de recursos hídricos. La necesidad de incrementar la productividad alimentaria de manera sostenible ha obligado a repensar las prácticas agronómicas tradicionales (Riveros, 2023). En este contexto, la transformación digital y la innovación tecnológica se han posicionado como pilares fundamentales para optimizar los procesos productivos, mitigar el impacto ambiental y garantizar la eficiencia en el uso de los recursos naturales.

En Ecuador, el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) representa un renglón de vital importancia socioeconómica. Reconocido a nivel mundial por ser el principal exportador de cacao fino de aroma, el país sustenta gran parte de su economía rural en esta actividad (García et al., 2021). No obstante, la productividad cacaotera se ve fuertemente amenazada por la variabilidad climática, especialmente por la prolongación de las épocas secas que alteran la fisiología de la planta. La gestión eficiente del riego en estas etapas críticas es determinante; sin embargo, en muchas fincas del litoral ecuatoriano, las decisiones de riego continúan basándose en métodos empíricos y en la observación visual del productor. Esta dependencia de la intuición humana frecuentemente conduce a la ineficiencia hídrica, provocando estrés por déficit o por asfixia radicular (encharcamiento), lo que merma significativamente el rendimiento y la calidad de la almendra.

Para hacer frente a esta problemática, la agricultura de precisión apoyada en la Internet de las Cosas (IoT) ofrece un paradigma innovador. La tecnología IoT permite la interconexión de sensores, actuadores y plataformas de procesamiento para el monitoreo en tiempo real de las variables agroclimáticas, mejorando drásticamente la gestión del agua en entornos agrícolas (Et-Taibi et al., 2024). La integración de estas arquitecturas en los sistemas de riego facilita la toma de decisiones basada en datos precisos del suelo y el clima, permitiendo la automatización de las electroválvulas para suministrar la lámina de agua

exacta que el cultivo demanda en el momento oportuno (Laverde y Laverde, 2021).

A pesar de los beneficios comprobados de la agricultura inteligente, la adopción de estas tecnologías en fincas cacaoteras en Ecuador aún es incipiente. Esto se debe a barreras culturales, el arraigo a métodos empíricos tradicionales, la falta de alfabetización digital en el sector rural y la escasez de modelos que demuestren el retorno de inversión en cultivos específicos como el cacao (Izquierdo et al., 2024). Es aquí donde el vínculo Universidad-Sociedad cobra un rol protagónico; la academia tiene la responsabilidad de transferir este conocimiento tecnológico a la comunidad agrícola, no solo instalando equipos, sino empoderando al factor humano para mejorar su calidad de vida. En respuesta a esta necesidad, el presente artículo expone un estudio llevado a cabo en la finca “El Rosario”, cantón El Triunfo, provincia del Guayas, desarrollado con el acompañamiento de la Universidad Agraria del Ecuador. El objetivo es evaluar el impacto socioeconómico y agronómico derivado de la implementación de un sistema de riego automatizado basado en IoT. A través de un enfoque mixto (cuantitativo-cualitativo), este trabajo busca determinar en qué medida la automatización optimiza el volumen de agua, y al mismo tiempo, demostrar mediante observación empírica cómo esta tecnología no desplaza la mano de obra rural, sino que la dignifica, fomenta la inclusión tecnológica y promueve el desarrollo local sostenible frente a los desafíos climáticos actuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y duración del estudio

La investigación se desarrolló en la Finca “El Rosario”, localizada en el cantón El Triunfo, provincia del Guayas, Ecuador. Esta zona se caracteriza por un clima tropical monzónico, con marcadas variaciones entre las épocas de lluvia y sequía. El estudio se llevó a cabo en una parcela experimental de 0.8 hectáreas cultivadas con cacao (*Theobroma cacao L.*) de la variedad CCN-51. La evaluación en campo tuvo una duración de seis meses, abarcando la época seca (julio a diciembre), periodo crítico donde la gestión del riego es determinante para la fisiología del cultivo.

Materiales tecnológicos y arquitectura IoT

Para la automatización del riego, se diseñó una arquitectura de red basada en Internet de las Cosas (IoT). El diseño de las placas de circuito impreso (PCB) se realizó mediante el software DipTrace, y la simulación electrónica preliminar en Proteus Design Suite. Los componentes principales del hardware se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1: Componentes tecnológicos del sistema IoT

| Componente | Especificación Técnica | Función en el sistema |
|----------------------|--------------------------|--|
| Microcontrolador | PIC 18F4550 | Procesamiento de datos y lógica de control. |
| Sensores ambientales | Módulo DHT11 | Medición de temperatura y humedad relativa del aire. |
| Sensores de suelo | Higrómetros capacitivos | Monitoreo del porcentaje de humedad volumétrica del suelo. |
| Módulo de tiempo | RTC DS1307 | Sincronización en tiempo real de los ciclos de riego. |
| Oscilador | Cristal de cuarzo 20 MHz | Estabilización de la frecuencia del microcontrolador. |
| Actuadores | Relés y Electroválvulas | Apertura y cierre del flujo de agua en los aspersores. |

Diseño experimental y tratamientos

Para evaluar el impacto agronómico e hídrico de la automatización, se estableció un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA). El área de 0.8 ha se dividió en 4 bloques (repeticiones) para controlar el gradiente de fertilidad y la topografía del suelo. Se establecieron dos tratamientos (Tabla 2), aplicados en unidades experimentales de 0.1 ha cada una (totalizando 8 parcelas).

Tabla 2. Descripción de los tratamientos evaluados

| Tratamiento | Descripción | Criterio de aplicación del riego |
|--------------|---------------------------|--|
| T1 (Testigo) | Riego convencional manual | Activación según criterio empírico del operario (1 vez al día). |
| T2 (IoT) | Riego automatizado IoT | Activación automática cuando la humedad del suelo cae por debajo del 60% y detención al alcanzar el 70%. Ciclos máximos de 21 min. |

Manejo agronómico

A fin de aislar el riego como única variable independiente, el manejo agronómico fue completamente homogéneo para ambos tratamientos. Se realizaron podas de mantenimiento estandarizadas y control de malezas mecánico. El plan de fertilización edáfica y el control fitosanitario (principalmente prevención de *Monilophthora rozeri*) se aplicaron por igual en toda la parcela, siguiendo las recomendaciones técnicas del INIAP para la zona de El Triunfo. El sistema de riego utilizado en ambos casos fue por aspersión subfoliar, variando únicamente su método de activación y dosificación.

Variables evaluadas y recolección de datos

Se seleccionaron al azar 10 árboles centrales por cada unidad experimental (evitando el efecto de borde) para la toma de datos agronómicos, mientras que los datos de ingeniería se tomaron del servidor local del sistema.

1. Volumen de agua aplicado (Eficiencia hídrica): Se midió el caudal consumido por tratamiento mediante caudalímetros digitales, extrapolando el gasto a metros cúbicos por hectárea (m^3/ha) al final del ciclo.
2. Humedad del suelo (%): Monitoreo continuo mediante dataloggers para comprobar si el suelo se mantenía en el rango de capacidad de campo.
3. Rendimiento productivo: Al momento de la cosecha, se recolectaron y pesaron las mazorcas sanas. Se extrajo el grano húmedo, se sometió a fermentación y secado, determinando el rendimiento final en kilogramos de cacao seco por hectárea (kg/ha).
4. Precisión del sistema (%): Porcentaje de acierto del algoritmo al comparar las activaciones de los relés con las lecturas críticas reales de los sensores.

Análisis estadístico

Los datos recopilados fueron procesados utilizando el software estadístico InfoStat. Previo al análisis, se verificaron los supuestos de normalidad (Prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene). Se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias significativas entre el riego manual y el riego IoT (Tabla 3). Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

Adicionalmente, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre las variables climáticas y la activación de las electroválvulas.

Tabla 3: Esquema del Análisis de Varianza (ANOVA).

| Fuente de variación | Grados de libertad (GL) |
|------------------------------|-------------------------|
| Tratamientos (T - 1) | 1 |
| Bloques/Repeticiones (R - 1) | 3 |
| Error experimental | 3 |
| Total | 7 |

Evaluación de la adopción tecnológica y factor social

Para responder a la dimensión social de la investigación, paralelamente a la toma de datos agronómicos, se estableció un proceso de transferencia tecnológica con los trabajadores de la finca. Se llevaron a cabo sesiones de capacitación interactiva para el manejo de la interfaz del sistema IoT, evaluando cualitativamente la disposición de los cacaoteros para abandonar decisiones de riego empíricas a favor de datos generados por sensores. Asimismo, se analizó el impacto de la automatización sobre la carga física de trabajo y las oportunidades de inclusión laboral en la gestión del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Validación técnica de la arquitectura IoT

El diagnóstico topográfico y operativo del sistema de riego manual existente en la parcela de 0.8 hectáreas permite mapear la distribución de los aspersores e identificar zonas de déficit y exceso hídrico. A partir de este levantamiento, se estructura la planimetría para la nueva red automatizada que se muestra en la figura 1.

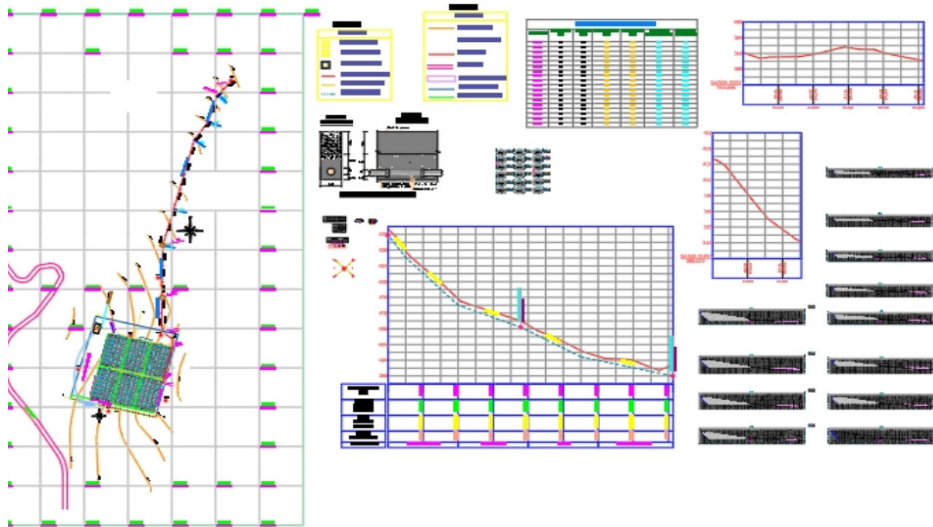


Fig 1. Distribución espacial del sistema de riego en la parcela de estudio.

Posteriormente, utilizando el software DipTrace, se integra el microcontrolador PIC18F4550 con el módulo RTC DS1307, los osciladores de cuarzo y las interfaces hacia los relés de las electroválvulas. El diseño del circuito impreso (PCB)

aseguró que el procesamiento de los datos ambientales fuera robusto y libre de interferencias electromagnéticas generadas por las bombas de agua, ver figura 2.

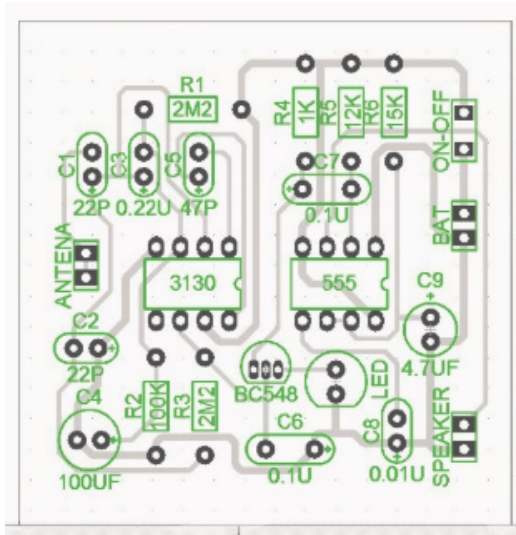


Fig 2. Diseño del circuito principal y captura esquemática en DipTrace.

Tras la simulación en Proteus, se ejecuta la manufactura e instalación de la placa de control en campo, demostrando estabilidad al operar bajo las condiciones de alta temperatura y humedad relativa propias del ecosistema cacaotero del cantón El Triunfo, ver figura 3.

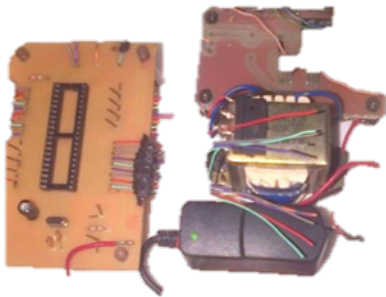


Fig 3. Componentes electrónicos ensamblados para la automatización del sistema IoT.

Evaluación de la eficiencia hídrica y rendimiento agronómico

La implementación del diseño experimental (DBCA) permite cuantificar objetivamente el impacto del sistema IoT frente al manejo tradicional. En la Tabla 4 se presentan los promedios de las variables evaluadas al finalizar el ciclo de cultivo durante la época seca.

Tabla 4 Comparación de parámetros hídricos y productivos entre tratamientos

| Tratamiento | Consumo de agua (m ³ /ha) | Rango de Humedad del Suelo (%) | Rendimiento Cacao Seco (kg/ha) |
|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| T1 (Testigo manual) | 4,000 a | 45% - 85% (Fluctuante) | 1,800 b |
| T2 (Sistema IoT) | 3,000 b | 60% - 70% (Estable) | 2,070 a |

Nota: Medias con letras distintas en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

El Análisis de Varianza (ANOVA) determinó diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. El sistema IoT (T2) registra una reducción exacta del 25% en el consumo volumétrico de agua frente a las métricas del riego manual (T1). Esta optimización se logró gracias a que el algoritmo de control activaba los aspersores de manera sectorizada, en ciclos máximos de 21 minutos, única y exclusivamente cuando la humedad del suelo descendía por debajo del 60%.

En contraste con el tratamiento testigo (T1), que presenta fluctuaciones severas de humedad propiciando momentos de estrés hídrico y encharcamiento, el tratamiento T2 mantiene el suelo en un rango ideal constante del 60% al 70%. Esta estabilidad fisiológica actúa como un catalizador directo sobre el cultivo, traduciéndose en un incremento del 15% en la producción de almendras de cacao seco (2,070 kg/ha frente a los 1,800 kg/ha del manejo tradicional).

Análisis de respuesta del hardware y correlación estadística

Desde la perspectiva del análisis de datos del hardware, el sistema evalúa la pertinencia del riego con un 96% de precisión. La latencia operativa promedio fue inferior a 2 segundos desde la detección de niveles críticos de humedad hasta la apertura de las electroválvulas. Adicionalmente, se calcula el coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre el descenso de la humedad del suelo y la activación automática del sistema, obteniendo un valor de $r = 0.89$ con una significancia de $p < 0.01$. Esto demuestra que el control automatizado influye de manera directa, positiva y estadísticamente confiable en la conservación de la capacidad de campo óptima del suelo, maximizando la eficiencia de los recursos en la finca El Rosario.

Adopción tecnológica y alfabetización digital en el campo

El proceso de implementación evidenció una ruptura positiva de las barreras culturales frente a la tecnología. Inicialmente, los operarios mostraban resistencia a delegar el control del riego a un sistema autónomo, prefiriendo la observación visual. Sin embargo, tras la capacitación brindada por el equipo investigador de la universidad, los agricultores lograron una rápida alfabetización digital, operando el monitoreo desde dispositivos móviles. Se constata que la introducción del sistema IoT no genera desplazamiento de la mano de obra; por el contrario, requiere la evolución del rol del jornalero hacia un perfil de gestor técnico. Al eliminar la tarea de apertura y cierre manual de válvulas en extensas jornadas, se redujo drásticamente la carga física extenuante, mejorando las

condiciones laborales y la disposición hacia la innovación tecnológica.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la finca El Rosario demuestran que la implementación de un sistema de riego basado en IoT optimiza significativamente la gestión de los recursos hídricos. La reducción del 25% en el consumo de agua observada en este estudio concuerda con las métricas reportadas por Touil et al. (2022), quienes en su revisión de estrategias de riego inteligente determinaron que la automatización basada en sensores de humedad edáfica puede generar ahorros hídricos de entre el 20% y el 30% en comparación con prácticas de riego por calendario o empíricas. Esta eficiencia no solo representa un beneficio económico operativo, sino que responde a la necesidad urgente de emplear tecnologías de ahorro de agua en la agricultura de precisión frente a escenarios de variabilidad climática (Lakhiar et al., 2024).

Desde el punto de vista agronómico, el sistema IoT logra estabilizar la humedad del suelo en un rango del 60% al 70%, evitando fluctuaciones drásticas. Villalaz-Pérez et al. (2024) establecen que el índice de estrés hídrico afecta directamente el estado vegetativo de la planta de cacao, limitando su capacidad fotosintética y el desarrollo de la mazorca. Al evitar este estrés mediante riegos cortos y precisos (ciclos de 21 minutos), se preven tanto el marchitamiento temporal por déficit como la hipoxia radicular por encharcamiento, condiciones frecuentemente observadas en el tratamiento manual (T1).

Esta mitigación del déficit hídrico explica directamente el incremento del 15% en el rendimiento de cacao seco evidenciado en el tratamiento automatizado. Estos hallazgos son respaldados por Adet et al. (2024), quienes demuestran que los efectos negativos del déficit hídrico son mitigados mediante un riego oportuno. Sin embargo, más allá del dato agronómico, este 15% de excedente productivo tiene una repercusión directa y profunda en la dimensión social. Para la agricultura familiar, este aumento se traduce en una mejora inmediata del ingreso económico y fortalece la seguridad alimentaria local al hacer la parcela más rentable. Adicionalmente, la latencia de respuesta del sistema IoT elimina el trabajo físico tradicionalmente extenuante del riego manual. Esta reducción de la exigencia física es un factor clave de sostenibilidad social, ya que facilita la inclusión equitativa de mujeres y jóvenes en la gestión técnica de las fincas cacaoteras, ofreciendo incentivos modernos que ayudan a frenar el éxodo rural hacia las ciudades. En conjunto, estos datos validan que la adopción de arquitecturas IoT rompe la brecha digital y

democratiza el acceso a la agricultura de precisión para pequeños y medianos productores.

CONCLUSIONES

La implementación de un sistema de riego automatizado con arquitectura tecnológica IoT en la finca El Rosario demostró que la transición hacia la agricultura de precisión es altamente viable y beneficiosa para el cultivo de cacao en Ecuador. A nivel de ingeniería, la correcta selección y programación de la electrónica de control, basada en el microcontrolador PIC18F4550 y sensores de humedad, garantizó una lectura oportuna y precisa de las variables agroclimáticas, reduciendo la intervención humana y el margen de error operativo.

A nivel agronómico y ambiental, el sistema superó ampliamente las prácticas de riego tradicional, logrando una reducción validada del 25% en el consumo de recursos hídricos. Al mantener la humedad del suelo en un rango constante del 60% al 70%, se mitigó exitosamente el estrés hídrico de las plantas, lo que actuó como un catalizador fisiológico directo para incrementar la productividad de la cosecha en un 15% en comparación con el manejo empírico convencional.

Se concluye que la automatización del riego basada en IoT trasciende la simple mejora de hardware para convertirse en un motor de desarrollo local y adaptación climática. El acompañamiento de la academia fue vital para lograr la alfabetización digital de los agricultores, demostrando que el factor humano está dispuesto a adoptar nuevas tecnologías cuando se supera la barrera cultural inicial. Lejos de desplazar la mano de obra, el sistema dignifica el trabajo rural, reduce las jornadas físicas extenuantes y fomenta la inclusión de mujeres y jóvenes en el campo. Este modelo demuestra que la inversión en tecnología es financieramente viable por su rápido retorno mediante el incremento productivo, y posee un alto potencial para ser replicado en Ecuador, cerrando la brecha digital y promoviendo un sector agrícola sustentable, equitativo y socialmente resiliente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adet, L., Rozendaal, D. M., Tapi, A., Zuidema, P. A., Vaast, P., y Anten, N. P. (2024). Negative effects of water deficit on cocoa tree yield are partially mitigated by irrigation and potassium application. *Agricultural Water Management*, 296, 108789. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.108789>

- Et-Taibi, B., Abid, M. R., Boufounas, E. M., Morchid, A., Bourhnane, S., Hamed, T. A., y Benhaddou, D. (2024). Enhancing water management in smart agriculture: A cloud and IoT-Based smart irrigation system. *Results in Engineering*, 22, 102283. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102283>
- García, A., Pico, B., y Jaimez, R. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinergia Revista Digital de Ciencia, Ingeniería y Tecnología*, 4(2), 152-171. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>
- Izquierdo, J. A., Jaramillo, J. F., Loja, N. M., y Mazon-Olivo, B. (2024). Modelo integrado de adopción de tecnologías en la agricultura. Caso de estudio: IA e IoT aplicadas en producción de cacao. *Revista Espacios*, 46(3), 485-497. <https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n03p38>
- Lakhari, I. A., Yan, H., Zhang, C., Wang, G., He, B., Hao, B., y Rakibuzzaman, M. (2024). A review of precision irrigation water-saving technology under changing climate for enhancing water use efficiency, crop yield, and environmental footprints. *Agriculture*, 14(7), 1141. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071141>
- Laverde, J., y Laverde, C. (2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(2). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i2.2542>
- Riveros, C. (2023). Transformación digital en la agricultura: superando las brechas para una producción eficiente. *Idesia (Arica)*, 41(2), 3-5. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292023000200003>
- Touil, S., Richa, A., Fizir, M., Argente Garcia, J. E., y Skarmeta Gomez, A. F. (2022). A review on smart irrigation management strategies and their effect on water savings and crop yield. *Irrigation and Drainage*, 71(5), 1396-1416. <https://doi.org/10.1002/ird.2735>
- Villalaz-Pérez, J. A., Villarreal-Núñez, J. E., Santo-Pineda, A., Gutiérrez-Lezcano, A., y Merino, A. (2024). Efecto del índice de estrés hídrico sobre el estado vegetativo de la planta de cacao. *Ciencia Agropecuaria*, 38, 84-104. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/628/526>

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

La participación de cada autor en el desarrollo de la investigación se detalla a continuación según la taxonomía CRediT:

| Autor | Roles |
|--------------------------------|---|
| Mayra Gabriela Naspud Espinoza | Encargada de: Conceptualización, Metodología, Administración de proyectos, Supervisión, Escritura - borrador original, Redacción- revisión y edición. |
| Gloria Patricia Chávez Granizo | Encargada de: Investigación, Curación de datos, Análisis formal, Escritura – borrador original. |
| Diana Karina Mosquera Cadena | Encargada de: Software, Validación, Visualización, Investigación. |
| Wilmer Omar Pilaloa David | Encargado de: Recursos, Adquisición de financiación, Visualización, Redacción- revisión y edición. |