

DOI: <https://doi.org/10.23857/fipcaec.v8i3>

Sistemas inteligentes de lectura y monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad con tecnología IoT y su aplicación móvil para uso en invernaderos agrícolas

Intelligent reading and monitoring systems for temperature, humidity and luminosity with IoT technology and its mobile application for use in agricultural greenhouses

Sistemas inteligentes de leitura e monitoramento de temperatura, umidade e luminosidade com tecnologia IoT e seu aplicativo mobile para uso em estufas agrícolas

Juan David Chimarro-Amaguaña ^I
juan.chimarro@intsuperior.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9454-8357>

Jackson Martín Luzón-Maldonado ^{II}
martin.luzon@intsuperior.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2349-2733>

Patricia Emperatriz Lanchango-Quimbiulco ^{III}
patricia.lanchango@intsuperior.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-7566-5656>

Carlos Andrés Acosta-Jaramillo ^{IV}
carlos.acosta@intsuperior.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4336-259X>

Correspondencia: juan.chimarro@intsuperior.edu.ec

* **Recepción:** 21/07/2023 * **Aceptación:** 09/09/2023 * **Publicación:** 27/09/2023

1. Instituto Superior Tecnológico Nelson Torres, Ecuador.
2. Instituto Superior Tecnológico Nelson Torres, Ecuador.
3. Instituto Superior Tecnológico Nelson Torres, Ecuador.
4. Instituto Superior Tecnológico Nelson Torres, Ecuador.



Resumen

El objetivo de esta investigación es analizar la contribución de un sistema inteligente con tecnologías IoT, Cloud Computing y Movilidad para proporcionar lectura y monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad a los invernaderos agrícolas de los pequeños y medianos agricultores, actualmente estas personas realizan de forma manual el control de fechas, horarios de procesos como: fumigación, abono, riego e inventario; además realizan mediciones del ambiente del invernadero, lo cual incrementa el tiempo de trabajo y la probabilidad de cometer errores en los procesos de producción y el costo de mano de obra. Se utiliza una aplicación móvil para monitorear los procesos de producción en el invernadero. La metodología utilizada fue de tipo cuantitativa, documental y experimental ya que se realizó un estudio técnico mediante encuestas de tal manera que se obtuvo los requerimientos del sistema inteligente. Para llevar a cabo el prototipo final consistió en depurar la aplicación móvil con interfaces de usuario, generar etapas de prueba y validación. La tecnología mejora los procesos de producción en un invernadero agrícola, permitiendo a los agricultores administrar sus procesos de forma más eficiente, reduciendo los costos de producción y optimización de la mano de obra. Se concluye que el uso de la tecnología IoT permite a los pequeños y medianos agricultores estar interconectados con su invernadero a través de una aplicación móvil en tiempo real.

Palabras Claves: IoT; Cloud Computing; Movilidad; Invernadero; Agrícola; Control de ambiente; Aplicación móvil.

Abstract

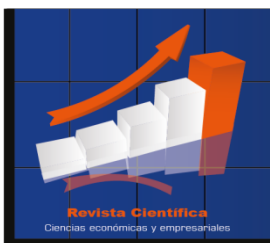
The objective of this research is to analyze the contribution of an intelligent system with IoT, Cloud Computing and Mobility technologies to provide reading and monitoring of temperature, humidity and luminosity to the agricultural greenhouses of small and medium-sized farmers, currently these people perform it manually. control of dates, schedules of processes such as: fumigation, fertilizer, irrigation and inventory; They also measure the greenhouse environment, which increases work time and the probability of making errors in production processes and labor costs. A mobile application is used to monitor production processes in the greenhouse. The methodology used was quantitative, documentary and experimental since a technical study was carried out through surveys

in such a way that the requirements of the intelligent system were obtained. To carry out the final prototype it consisted of debugging the mobile application with user interfaces, generating testing and validation stages. The technology improves production processes in an agricultural greenhouse, allowing farmers to manage their processes more efficiently, reducing production costs and optimizing labor. It is concluded that the use of IoT technology allows small and medium-sized farmers to be interconnected with their greenhouse through a mobile application in real time. The objective of this research is to analyze the contribution of an intelligent system with IoT, Cloud Computing and Mobility technologies. to provide reading and monitoring of temperature, humidity and luminosity to the agricultural greenhouses of small and medium-sized farmers, currently these people manually control dates and schedules of processes such as: fumigation, fertilizer, irrigation and inventory; They also measure the greenhouse environment, which increases work time and the probability of making errors in production processes and labor costs. A mobile application is used to monitor production processes in the greenhouse. The methodology used was quantitative, documentary and experimental since a technical study was carried out through surveys in such a way that the requirements of the intelligent system were obtained. To carry out the final prototype it consisted of debugging the mobile application with user interfaces, generating testing and validation stages. The technology improves production processes in an agricultural greenhouse, allowing farmers to manage their processes more efficiently, reducing production costs and optimizing labor. It is concluded that the use of IoT technology allows small and medium-sized farmers to be interconnected with their greenhouse through a mobile application in real time..

Key Words: IoT; Cloud Computing; Mobility; Greenhouse; Agricultural; Environment control; Mobile app.

Resumo

O objetivo desta pesquisa é analisar a contribuição de um sistema inteligente com tecnologias IoT, Cloud Computing e Mobilidade para fornecer leitura e monitoramento de temperatura, umidade e luminosidade às estufas agrícolas de pequenos e médios agricultores, atualmente essas pessoas realizam isso manualmente controle de datas, cronogramas de processos como: fumigação, adubação, irrigação e inventário; Eles também medem o ambiente de efeito estufa, o que aumenta o tempo de trabalho e a probabilidade de cometer erros nos processos de produção e nos custos de



mão de obra. Um aplicativo móvel é utilizado para monitorar os processos de produção na estufa. A metodologia utilizada foi quantitativa, documental e experimental já que foi realizado um estudo técnico através de levantamentos de forma que fossem obtidos os requisitos do sistema inteligente. Para realizar o protótipo final consistiu em depurar a aplicação móvel com interfaces de usuário, gerando etapas de testes e validação. A tecnologia melhora os processos de produção numa estufa agrícola, permitindo aos agricultores gerir os seus processos de forma mais eficiente, reduzindo os custos de produção e otimizando a mão-de-obra. Conclui-se que o uso da tecnologia IoT permite que pequenos e médios agricultores estejam interligados com sua estufa através de um aplicativo móvel em tempo real. O objetivo desta pesquisa é analisar a contribuição de um sistema inteligente com IoT, Cloud Computing e Tecnologias de mobilidade para fornecer leitura e monitoramento de temperatura, umidade e luminosidade às estufas agrícolas de pequenos e médios agricultores, atualmente essas pessoas controlam manualmente datas e cronogramas de processos como: fumigação, adubação, irrigação e inventário; Eles também medem o ambiente de efeito estufa, o que aumenta o tempo de trabalho e a probabilidade de cometer erros nos processos de produção e nos custos de mão de obra. Um aplicativo móvel é utilizado para monitorar os processos de produção na estufa. A metodologia utilizada foi quantitativa, documental e experimental já que foi realizado um estudo técnico através de levantamentos de forma que fossem obtidos os requisitos do sistema inteligente. Para realizar o protótipo final consistiu em depurar a aplicação móvel com interfaces de usuário, gerando etapas de testes e validação. A tecnologia melhora os processos de produção numa estufa agrícola, permitindo aos agricultores gerir os seus processos de forma mais eficiente, reduzindo os custos de produção e otimizando a mão-de-obra. Conclui-se que o uso da tecnologia IoT permite que pequenos e médios agricultores estejam interligados com sua estufa através de um aplicativo móvel em tempo real..

Palavras-chave: IoT; Computação em Nuvem; Mobilidade; Estufa; Agrícola; Controle ambiental; Aplicativo móvel.

Introducción

El estado mundial de la agricultura y la alimentación según la FAO (2022): informa sobre la situación actual de la agricultura y de la alimentación en todo el mundo. Desde principios del siglo

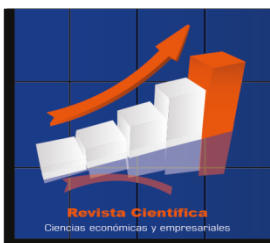
XX, la automatización ha sido un factor clave en el desarrollo de la agricultura a nivel global. La mecanización ha llevado a importantes mejoras en la productividad, ha reducido el trabajo físico y ha permitido asignar de manera más eficiente la mano de obra, aunque también ha tenido efectos negativos para el medio ambiente. En la actualidad, se han desarrollado tecnologías de automatización digital que ofrecen nuevas oportunidades de mejorar la productividad y la resiliencia, a la vez que se abordan los problemas relacionados con la sostenibilidad ambiental que surgieron a raíz de la mecanización en el pasado.

Echeverría (2021) destaca la importancia del desarrollo tecnológico en los sistemas agroalimentarios sostenibles, saludables e inclusivos y en las sociedades rurales de América Latina y el Caribe. Las nuevas tecnologías digitales son esenciales para lograr una agricultura más productiva y sostenible. Sin embargo, el cambio tecnológico que está en marcha va mucho más allá de la digitalización. La inteligencia artificial, el *Big Data* y los avances en el Internet de las cosas complementan los avances digitales y pueden mejorar significativamente el desarrollo agrícola.

La agricultura en Ecuador según Suárez Ponce et al., (2022): la agricultura en Ecuador está en una posición ventajosa en cuanto a la producción de alimentos, ya que es capaz de superar el creciente aumento de la demanda de alimentos por parte de su población. Al contar con una gran variedad de suelos y diversas opciones de producción, el sector agrícola en Ecuador juega un rol crucial en la economía del país. Una gran proporción de la población económicamente activa se dedica a la denominada agricultura familiar (AF), la cual es considerada un pilar importante del sector agropecuario en Ecuador.

El INEC and Marquéz (2021), la agricultura y la ganadería son de gran importancia económica en el país, ya que según los datos oficiales del Banco Central del año 2019, representaron el 7.7% del PIB. En cuanto al empleo, la mayoría de las personas ocupadas (29.4%) se dedican a actividades agropecuarias, lo que resalta su importancia como fuente de trabajo en el país. Además, el sector agropecuario está estrechamente relacionado con la seguridad alimentaria, ya que al menos el 20% de la producción de bienes y servicios del país proviene de este sector, lo que lo convierte en un actor clave en el panorama económico de la nación.

En el Plan Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2019-2023 la Prefectura de Pichincha (2019) entregó la información referencial de actividades económicas a las que se dedican los habitantes



de la provincia de Pichincha, es decir por plazas de trabajo, corresponde en su mayoría al comercio, la agricultura, ganadería silvicultura y pesca; y las actividades de alojamiento y servicios (turismo). Si se particulariza estos resultados, las actividades de comercio se identifican con más fuerza en la zona sur (Mejía, Rumiñahui, Quito – Amaguaña) con 25,7%, las actividades agropecuarias en la zona nororiente (Cayambe y Pedro Moncayo) con 25,0% y las actividades de turismo en la zona sur con 8,5%.

En Cayambe la actividad florícola va ganando espacio. Esto ha generado el crecimiento poblacional, caracterizándole por ser una zona agrícola, ganadera y florícola. En los últimos años, el cultivo de flores creció a ritmos superiores al 20 por ciento anual, sobrepasando las 1.000 hectáreas destinadas para este fin. Generalmente, las 140 empresas florícolas se asientan en la cuenca del río Pisque, en tierras relativamente planas, con acceso al agua de riego. Esta actividad ha dado trabajo a miles de personas, no solo del cantón sino de varios sectores del país. Este es el motivo para el crecimiento población de Cayambe. El cantón tiene alrededor de 70.000 habitantes. El segundo eje de desarrollo del cantón es la actividad ganadera, aunque ésta ha disminuido por el crecimiento florícola. Las ganaderías se trasladaron a las partes altas del cantón, para ceder espacio al cultivo de flores para la exportación. El tercer eje económico sigue siendo la agricultura. En la parte baja del cantón se cultiva maíz, fréjol, habas, cebada, trigo, cebolla y en las partes altas papas, mellocos, habas, pimiento, frutas, entre otros cultivos (Visitas Ecuador, 2020).

El sector agrícola se enfrenta constantemente al reto de maximizar la productividad y calidad de sus cultivos, mientras que al mismo tiempo minimiza los costos y recursos necesarios. Uno de los factores críticos en el crecimiento de un cultivo es el ambiente en el que se desarrolla, incluyendo la temperatura, humedad y luminosidad. Para lograr un control preciso de estos factores, los sistemas automatizados de invernaderos han sido una solución popular. Sin embargo, con la creciente adopción de tecnologías de Internet de las cosas (IoT), se ha abierto la oportunidad de implementar sistemas más inteligentes para el monitoreo y control ambiental de los invernaderos. En este artículo se presenta un sistema inteligente de lectura y monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad con tecnología IoT y su aplicación móvil para uso en invernaderos agrícolas. Este sistema proporciona una forma eficiente y escalable de monitorear y controlar el ambiente lo que

puede ayudar a mejorar la productividad y calidad de los cultivos, a la vez que reduce los costos operativos y recursos necesarios.

La investigación plantea la innovación del uso de tecnologías como el *Internet of Things* (IoT), *Cloud Computing* y Movilidad en invernaderos agrícolas y representa una gran oportunidad para mejorar la eficiencia y rentabilidad del proceso de producción de los pequeños y medianos agricultores. La utilización de estas tecnologías permite la creación de un sistema inteligente de monitoreo y control que pueda obtener datos en tiempo real de variables críticas como temperatura, humedad y luminosidad, y transmitir la información a una plataforma de gestión en la nube. A través de esta plataforma, todas las personas involucradas en la producción pueden tener acceso a la información actualizada, lo que permite una mejor toma de decisiones y la optimización de los recursos. Además, la integración con una aplicación móvil permite un acceso fácil y rápido a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento. La implementación de este sistema mejora la eficiencia, calidad y rentabilidad de la producción en invernadero y permite a los agricultores competir en un mercado global cada vez más digitalizado y exigente.

Los sistemas IoT aplicados en la agricultura inteligente, Espinosa et al. (2021) indican que estos sistemas se han expandido en los últimos años y buscan mejorar la eficiencia de la agricultura inteligente. Sin embargo, el alto costo de los sensores comerciales para sistemas agrícolas significa que muchos pequeños agricultores no pueden permitirse implementar esta tecnología. Afortunadamente, los recientes avances en tecnologías IoT han permitido desarrollar sistemas automatizados que se puedan adaptar a las necesidades específicas de cada productor, ofreciendo una solución más accesible y rentable para la agricultura inteligente.

El Internet de las cosas aplicado a la agricultura como menciona Tovar Soto et al. (2019): En los últimos 20 años, el internet de las cosas ha adquirido un importante papel en el sector agrícola, ya que puede ayudar a satisfacer diversas necesidades creadas por la constante evolución de la industria agrícola. La industria 4.0 requiere la convergencia de tecnologías de vanguardia con aplicaciones para el campo y esto es fundamental para encontrar soluciones eficaces e innovadoras. Se debe examinar si los dispositivos tecnológicos utilizados en el campo son adecuados y robustos para funcionar correctamente en entornos rurales y cumplir con las obligaciones necesarias. Para evitar costos innecesarios y dificultades de acceso, es necesario que los dispositivos IoT elegidos sean robustos y capaces de resistir los cambios en el medio ambiente. Además, el texto destaca la



opción de utilizar herramientas de código abierto como una excelente solución para implementar tecnologías de IoT en el campo.

En su estudio sobre las arquitecturas IoT Pérez et al. (2019) destacan que una gran ventaja de IoT es su facilidad para la integración tecnológica, ya que existe una amplia variedad de dispositivos disponibles, como sensores, transmisores, actuadores, placas computacionales de código abierto, concentradores, entre otros, que se pueden utilizar para construir soluciones personalizadas. Además, las tecnologías MQTT y Thinkspeak simplifican los protocolos de comunicación y la implementación para los usuarios, lo que permite que IoT sea cada vez más transparente.

La computación en la nube, Caballar (2017) describe que esta tecnología puede ser utilizada para recopilar datos de diversas herramientas, como sensores de suelo, imágenes satelitales y estaciones meteorológicas, con el fin de ayudar a los agricultores a tomar decisiones más informadas sobre el manejo de sus cultivos. Asimismo, las capacidades analíticas de la nube pueden ser de gran ayuda para que los agricultores comprendan mejor su entorno de producción y tomen medidas estratégicas en consecuencia.

Según la investigación reciente de Rathod et al. (2022) la población mundial ha tenido un crecimiento exponencial, planteando grandes desafíos para la alimentación del futuro. Para hacer frente a esta creciente demanda, es necesario que el sector agrícola adopte las últimas tecnologías. Por lo tanto, la utilización de tecnologías como el *Cloud Computing*, el IoT y las redes podría facilitar la monitorización regular de los cultivos, el clima, el agua y la aplicación de fertilizantes, lo que permitiría una gestión más eficiente de las granjas y una reducción de los costos de producción. La capacidad de adaptar el sistema a situaciones específicas, considerando factores como la variedad de plantas, el clima y el suelo, puede aumentar la producción de cultivos maximizando la eficiencia de los insumos. En conclusión, la aplicación de tecnologías avanzadas puede ayudar a abordar los desafíos cada vez mayores que plantea la seguridad alimentaria y mejorar la eficacia del sector agrícola.

Campoverde Marca et al. (2015) señalan que para implementar *Cloud Computing* para IoT, es necesario considerar varios componentes clave. Estos componentes deben gestionar la captura de datos en tiempo real desde una red inalámbrica de sensores, almacenar dichos datos de forma distribuida y integrarlos con otras fuentes de datos internas de la empresa para lograr un equilibrio

adecuado de carga y procesamiento. Posteriormente, los datos podrán ser analizados, monitoreados, gestionados por eventos y controlados por actuadores. Entre los componentes clave a tener en cuenta se encuentran la Plataforma Física, el Sistema Operativo, los Protocolos de comunicación, la Plataforma de desarrollo, el Control de eventos, la Base de datos (como SQL, NoSql y/o Data Warehouse), el Software de servidores (como web, sistema de archivos distribuidos, gestión de logs, mensajería en tiempo real) y la seguridad.

En la investigación de Martínez Villalobos et al. (2018) menciona que las aplicaciones web y móviles pueden mejorar significativamente la calidad de vida de los agricultores al permitirles participar más activamente en la gestión de sus plantaciones y sistema de riego a través de la implementación de un sistema de información con acceso remoto. Esta solución aporta muchos beneficios significativos, como la reducción de los costos de producción y el tiempo necesario para llevar a cabo las actividades. La aplicación web permite a los propietarios de las plantaciones interactuar con el sistema de información y mantenerse al tanto de los acontecimientos más importantes. Asimismo, la aplicación móvil les permite programar y realizar acciones sobre la plantación, lo que les permite tomar decisiones en tiempo real y ser figuras activas en el cultivo sin la necesidad de estar físicamente presentes en el lugar. En resumen, las aplicaciones móviles y web son herramientas valiosas para la gestión agrícola, lo que permite a los agricultores mejorar la eficiencia de sus operaciones y mejorar su calidad de vida.

Reyes et al. (2016) indica que la automatización de invernaderos ha mejorado el control y registro de datos relacionados con actividades y variables climáticas críticos para el crecimiento de los productos agrícolas. Sin embargo, estos datos generalmente se procesan en sistemas de información instalados localmente, lo que limita su accesibilidad y control remoto. Con el Internet de las Cosas, es posible controlar y monitorear de forma remota las condiciones climáticas y químicas de los invernaderos desde cualquier dispositivo con acceso a Internet. En resumen, el sistema distribuido móvil desarrollado permite un mayor control y monitoreo de los invernaderos a distancia, lo que mejora la gestión agrícola y facilita la toma de decisiones.

La propuesta de incluir el sistema de monitoreo en los invernaderos es tener la planificación del trabajo que permite generar alertas y notificaciones en tiempo real a través del dispositivo móvil, representa un gran avance en la gestión de la producción y un ahorro en el tiempo y costo de mano de obra. Además, la inclusión de mediciones del ambiente del invernadero como temperatura,



humedad y luminosidad, y la posibilidad de realizar accionamientos automáticos de ventiladores y bombas de agua, introduce una mayor precisión al proceso de producción, lo que deriva en una disminución en la probabilidad de cometer errores y un aumento en la productividad.

Otro beneficio importante es la tecnología del Cloud Computing que permite el almacenamiento de información y la implementación de una base de datos en la nube logrando una mayor predictibilidad y rentabilidad en su producción. Estos atributos en el sistema inteligente de monitoreo para invernaderos, representa una mejora significativa en la gestión de la producción agrícola, lo que se traduce en una mejora en la calidad del producto, una maximización de la productividad y un aumento en los ingresos para los agricultores.

Metodología.

Para llevar a cabo esta investigación se realizó un estudio previo para analizar como la tecnología contribuye a los agricultores que usan invernaderos en los cantones Cayambe y Pedro Moncayo.

Se utilizó el método probabilístico, ya que la población específica son las personas que se dedican a la agricultura utilizando invernaderos, aplicando la encuesta como técnica de investigación, obteniendo una muestra de 150 encuestas a un total de 400 agricultores, dato que se obtuvo en una entrevista con el Ing. Carlos Pérez – Jefe de MAGAP, Ministerio de Agricultura en Cayambe. De acuerdo a las encuestas realizadas arroja que, de 150 personas que poseen invernadero, 123 si implementarían sistemas tecnológicos para el control de sus invernaderos, así como el monitoreo en tiempo real optimizando recursos.

El Informe Tendencias Agroalimentarias Criterios (2023), destaca que el sector agroalimentario se ha integrado a tendencias como el *phygital* que, gracias a su conexión entre el mundo físico y el digital, ha permitido que la industria evolucione hacia soluciones como la agricultura de precisión y los invernaderos inteligentes mismos que traen como consecuencia un desarrollo más sustentable para los productores

El análisis estadístico muestra que los agricultores no han tecnificado sus procesos, y no usan las tecnologías actuales tales como las aplicaciones móviles y el IoT, ya que sus invernaderos son rudimentarios con métodos tradicionales.

Resultado

Las características técnicas, tipo de tecnología, principios de operación y esquema del sistema inteligente para invernaderos, se descompone la operatividad del mismo en varios módulos. Finalmente, permite el desarrollo de cada módulo como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Características técnicas del sistema inteligente

Módulos	Definición	Selección
Módulo 1	Diseño del sistema	<ul style="list-style-type: none"> - Esquema general - Arquitectura del sistema
Módulo 2	Control	<ul style="list-style-type: none"> - Tarjeta WiFi ESP8266 para aplicaciones IoT - Sensores - Actuadores - Dispositivo móvil
Módulo 3	Red de Comunicación	<ul style="list-style-type: none"> - Firebase de Google (<i>Cloud Computing</i>)
Módulo 4	Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Firebase Realtime Database
Módulo 5	Software de control con aplicaciones Web y Móviles	<ul style="list-style-type: none"> - IDE de Arduino (Programa lógico) - Android Studio (Aplicación Móvil) - HTML, CSS, JavaScript (Aplicación Web)

Fuente: Elaboración propia

El funcionamiento técnico del sistema inteligente de lectura y monitoreo de temperatura, humedad y luminosidad con tecnología IoT y su aplicación móvil para uso en invernaderos agrícolas, incorpora lo siguiente:

- Sistema de control basado en *Cloud Computing*, IoT y Movilidad
- Monitoreo de la humedad, luminosidad y temperatura a través de dispositivos móviles.
- Sistema automático de riego de las plantas.
- Sistema de ventilación.
- Control y notificación de horarios en procesos como: fumigación, abono y riego.

Con el sistema inteligente se obtuvo un monitoreo y registro de datos para la toma de decisiones como se muestra en las figuras 1 y 2.

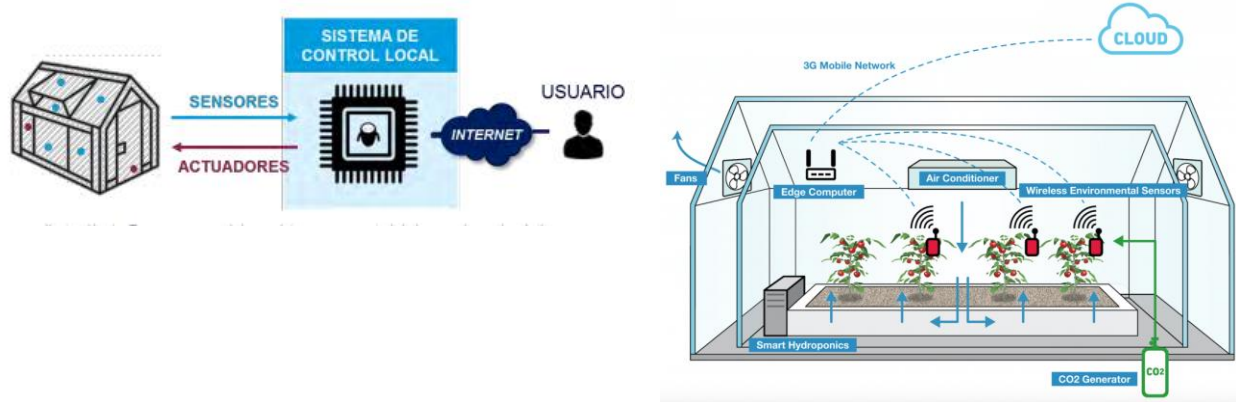


Figura 1. Esquema general de un sistema para control de invernadero agrícola

Fuente: Elaboración propia

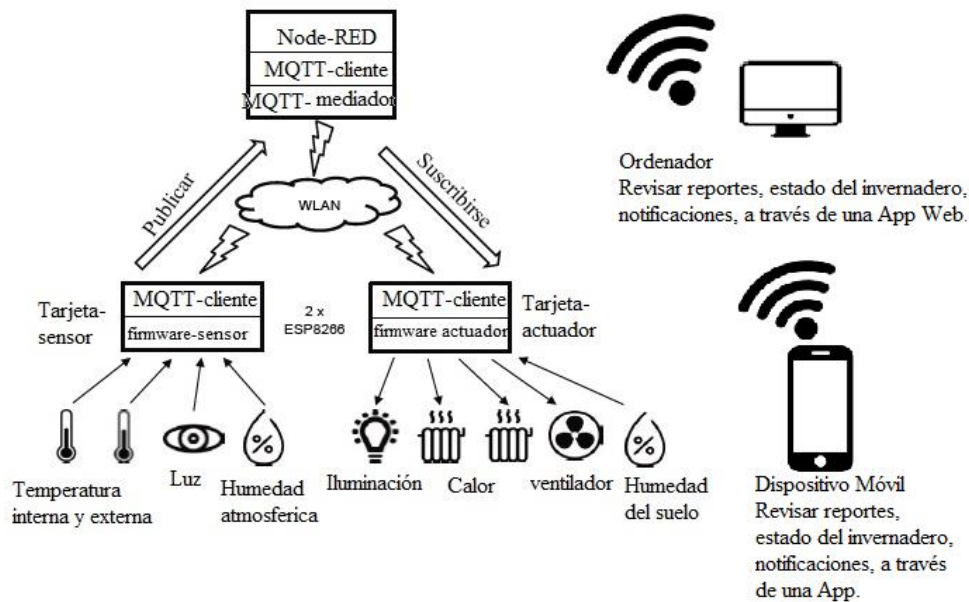


Figura 2. Arquitectura del sistema para control de invernadero agrícola.

Fuente: Elaboración propia

Sistema de control

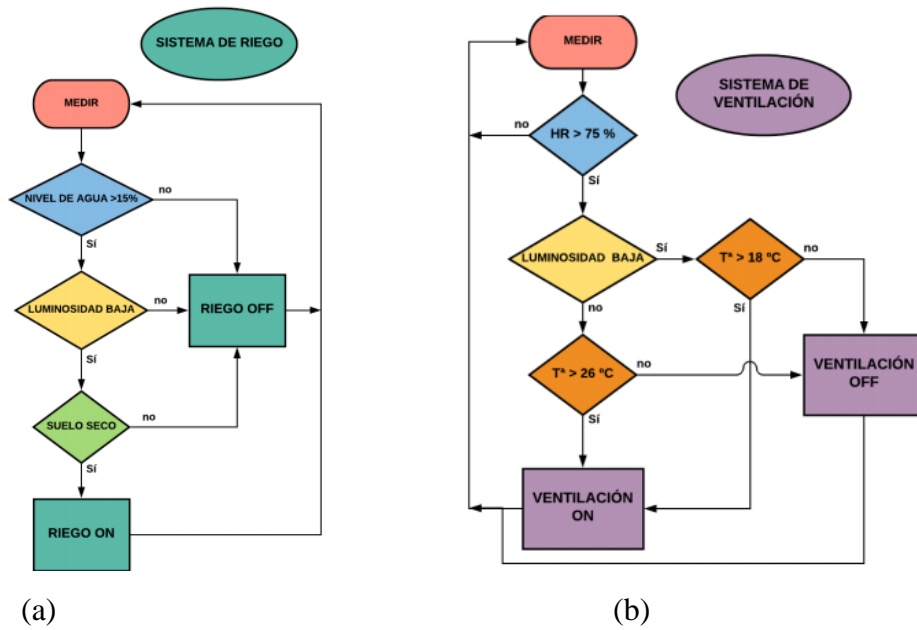


Figura 3. (a) Diagrama de flujo del proceso del Sistema de Riego Automático
 (b) Diagrama de flujo del proceso del Sistema de Ventilación Automática.

Fuente: Elaboración propia

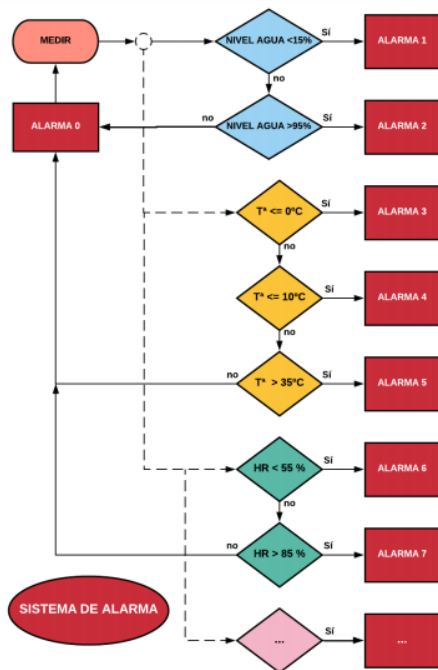


Figura 4. Diagrama de flujo de proceso del Sistema de Alarma.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Comparación del control de invernaderos mediante el uso del IoT y Apps Móviles

Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Esta investigación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

P1 Seguridad de la información

P2 Control de actuadores de manera remota

P3 Monitoreo mediante una App Móvil

P4 Conectividad de sensores y actuadores usando IoT

P5 Almacenamiento de información en la nube

P6 Baja probabilidad de cometer errores

P7 Optimización de recursos

P8 *Open Source*

Conclusiones

La utilización de tecnologías como IoT, *Cloud Computing* y Movilidad permite la creación de un sistema inteligente de monitoreo y control que proporciona datos en tiempo real y acceso a la información actualizada desde cualquier lugar y momento, con la comparación del control de invernaderos mediante el uso del IoT y Apps móviles se contrastaron los parámetros del sistema con otras investigaciones y se concluye que ayuda a los agricultores a administrar los procesos de forma eficiente, reduciendo los costos de producción y optimización de la mano de obra. Las tecnologías IoT se adaptan a las necesidades específicas de cada productor mejorando la eficiencia de la producción y el control ambiental en los invernaderos; además, el *Cloud Computing* es de

gran ayuda para los agricultores porque les permite recopilar datos y tomar decisiones informadas sobre el manejo de cultivos y la optimización de recursos. Con estas tecnologías se pueden abordar los desafíos actuales y futuros de la seguridad alimentaria, mejorando la eficacia y productividad del sector agrícola.

La implementación de sistemas inteligentes basados en IoT, *Cloud Computing* y Movilidad en invernaderos agrícolas brindan beneficios significativos para los agricultores al mejorar la eficiencia, reducir costos y optimizar la producción en un entorno cada vez más digitalizado.

Referencias

- Caballar, R.D., 2017. The future of farming is in the cloud [WWW Document]. The Week. URL <https://theweek.com/articles/732140/future-farming-cloud> (accessed 6.21.23).
- Campoverde Marca, A.M., Hernández Rojas, D.L., Mazón Olivo, B.E., 2015. Cloud Computing para el internet de las cosas. Caso de estudio orientado a la agricultura de precisión.
- Criterios, R., 2023. El sector agroalimentario crece con datos y tecnología. Criterios Digital. URL <https://criteriosdigital.com/criterios/rcriterios/el-sector-agroalimentario-crece-con-datos-y-tecnologia/> (accessed 6.22.23).
- Echeverría, R.G., 2021. Innovación para sistemas agroalimentarios sostenibles, saludables e inclusivos y sociedades rurales de América Latina y el Caribe: Marco de acción 2021-2025. FAO, Rome, Italy.
- Espinosa, A., Ponte, D., Gibeaux, S., González, C., 2021. Estudio de Sistemas IoT Aplicados a la Agricultura Inteligente. Revista Plus Economía 9, 33–42.
- FAO, 2022. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma, Italia.
- INEC, Marquéz, J., 2021. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (Boletín técnico).
- Martínez Villalobos, G., Flórez Méndez, D., Bravo Osorio, N., 2018. Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas. trilogía Cienc. Tecnol. Soc. 10, 151–166. <https://doi.org/10.22430/21457778.669>
- Pérez, M., Mendoza, M., Suarez, M., 2019. Paradigma IoT: desde su conceptualización hacia su aplicación en la agricultura. Revista Espacios.
- Prefectura de Pichincha, 2019. PLAN DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL 2019-2023.



- Rathod, M.L., Shivaputra, A., Umadevi, H., Nagamani, K., Periyasamy, S., 2022. Cloud Computing and Networking for SmartFarm AgriTech. *Journal of Nanomaterials* 2022, e6491747. <https://doi.org/10.1155/2022/6491747>
- Reyes, F., Castro, M., Ortiz, A., 2016. Sistema distribuido móvil para el monitoreo y control de invernaderos. *Revista de Tecnologías de la Información ECORFAN* 3, 41–46.
- Suárez Ponce, D.B., Cruz Reyes, J., Pérez Pérez, M., 2022. El campesino en la agricultura capitalista: sus manifestaciones en Ecuador.
- Tovar Soto, J., Suárez, J., Rodríguez, A., Cainaba, G., 2019. Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual. *Lámpsakos* 86. <https://doi.org/10.21501/21454086.3253>
- Visitas Ecuador, 2020. Los Andes, Pichincha, Cayambe. Cayambe. URL <https://visitaecuador.com/ve/mostrarRegistro.php?idRegistro=28925#:~:text=El%20segundo%20eje%20de%20desarrollo,econ%C3%B3mico%20sigue%20siendo%20la%20agricultura>

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).