

Impacto de los sistemas de información en la agricultura inteligente: Una revision general

(Impact of Information Systems on Smart Agriculture: An Overview)

Geover Alexander Bowen Quiroz , Gema Isabel Medranda Cobeña
Universidad Técnica de Manabí, Manabí, Ecuador
gbowen3242@utm.edu.ec, gema.medranda@utm.edu.ec

Resumen: Los sistemas de información (SI) desempeñan un papel fundamental en la agricultura inteligente, ya que permiten la recopilación, el análisis y la gestión de datos para mejorar la toma de decisiones, la eficiencia, la sostenibilidad y la rentabilidad en la agricultura, no obstante, el principal desafío es la brecha digital en la ruralidad. Por ello, el objetivo de este trabajo fue analizar la literatura científica disponible sobre el impacto de los SI en la agricultura inteligente, incluyendo estudios empíricos y revisiones sistemáticas. La investigación tiene un diseño descriptivo de tipo bibliográfico con nivel de síntesis aplicando la metodología RSL, la técnica de recopilación de datos utiliza recursos electrónicos, buscando en Google Scholar, IEEE, Scopus, entre otros. Los resultados evidencian el impacto de los sistemas de información en la agricultura con relación a la eficiencia agrícola. Se deducen las tendencias, se destacan patrones y recomendaciones basadas en las investigaciones analizadas con el fin de mejorar la implementación y uso de SI en la agricultura inteligente.

Palabras clave: agricultura inteligente, sistemas de información, IoT, impacto, gestión

Abstract: Information systems (IS) play a key role in smart agriculture, as they enable the collection, analysis and management of data to improve decision making, efficiency, sustainability and profitability in agriculture, however, the main challenge is the digital divide in rurality. Therefore, the objective of this work was to analyze the available scientific literature on the impact of IS in smart agriculture, including empirical studies and systematic reviews. The research has a descriptive design of bibliographic type with synthesis level applying the RSL methodology, the data collection technique uses electronic resources, searching in Google Scholar, IEEE, Scopus, among others. The results show the impact of information systems in agriculture in relation to agricultural efficiency. Trends are deduced, patterns and recommendations are highlighted based on the research analyzed in order to improve the implementation and use of IS in smart agriculture.

Keywords: Smart Agriculture, Information Systems, IoT, Impact, Management.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo de revisión se origina en torno a la premisa de que "la agricultura en la era de información promete importantes repercusiones en el bienestar económico y social de los agricultores, los sistemas bancarios y postales rurales, la comercialización agrícola y las empresas de insumos agrícolas" según Tumiwa *et al.* [1]. Para examinar el impacto de los sistemas de información (SI) en la agricultura, se propone una revisión sistemática utilizando el marco de trabajo establecido por Kitchenham y Charters [2], con el fin de establecer conclusiones significativas sobre el tema.

La agricultura inteligente se ha consolidado como una tendencia influyente que impulsa el desarrollo agrícola mediante la implementación de los sistemas de información, generando eficiencias en los costes operativos para incrementar los márgenes en la producción de productos agrícolas según expresa Dato *et al.* [3]. Este enfoque cobra relevancia dado al aumento de la

demanda mundial de alimentos, lo que subraya la necesidad imperante de explorar cómo las tecnologías de la información pueden contribuir de manera sostenible a la agricultura. Además, afirman que un componente esencial para el despliegue efectivo de la agricultura inteligente es la conectividad a través de la tecnología 5G, la cual emerge como el núcleo de la infraestructura en la agricultura moderna, permitiendo la agricultura de precisión y optimizando la gestión de recursos agrícolas. Ejemplos prácticos, como el de la empresa "Teltonika Network", ilustran cómo la agricultura se dirige hacia el 5G, posibilitando la autonomía de tractores mediante la conexión de dispositivos inteligentes.

En la región de América Latina y el Caribe, la implementación tecnológica ha avanzado a un ritmo lento, reflejándose en las cifras de exportaciones agroalimentarias que, según [4] los datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), pasaron del 8,3 % en 1990 al 13,8 % en 2015; la FAO ha respondido a este desafío con la publicación en 2021 de un documento que establece principios regulatorios para la agricultura inteligente.

El impacto de los SI en la agricultura inteligente ha suscitado un creciente interés, especialmente en el contexto de beneficios potenciales para prácticas agrícolas sostenibles y eficientes planteados por Lamis *et al.* [5]. La exploración de Sistemas de Información ecológicos (Green IS) y tecnologías de la información ecológicas (Green IT) apunta a maximizar los impactos positivos y minimizar los efectos negativos en el medio ambiente.

En un estudio planteado en [6] se simuló los comportamientos entre agricultores, minoristas, mayoristas, consumidores y reguladores dentro de un sistema de circulación de productos, donde revelaron que con la implementación de sistemas de información aplicando metodologías *blockchain* se puede mejorar la tasa de calificación hasta un 30 %, aumentando significativamente los beneficios económicos, minimizando los costos de supervisión a través de la automatización de procesos, e incrementando la investigación sobre la aplicación de sistemas *blockchain* en la gestión y circulación de productos agrícolas modernos.

Por su parte, la aplicación del Internet de las Cosas (IoT) en invernaderos inteligentes según Maraveas y Bartzanas [7] se focaliza en crear un microclima ideal para el crecimiento de las plantas, optimizar el riego que emplean sensores para el monitoreo periódico, la fertilización, controlar infecciones y mejorar la seguridad.

Por otro lado, las nuevas aplicaciones de la agricultura inteligente emplean metodologías aplicadas que según Quishpe *et al.* [8] varían acorde la persona o empresas involucradas lo requieran, aprovechando redes de sensores inalámbricos de bajo consumo eléctrico para grandes extensiones, computación en la nube y tecnologías como IoT que buscan reducir los gastos innecesarios en fertilizantes y agua en los sistemas de riego mejorando el reconocimiento automático de patrones y características de cultivos junto con el uso de sistemas automáticos para la gestión y difusión de información según Duarte [9], lo cual contribuye a la gestión oportuna de riesgos en la agricultura, propiciando el desarrollo social, económico y ambiental.

En última instancia, la rápida transformación de los procesos agrícolas tradicionales mediante sistemas de información, como la inteligencia artificial, el IoT, la analítica de datos

y la automatización, destaca la necesidad de investigar cómo se implementan estas tecnologías en la agricultura inteligente. Este análisis es fundamental para comprender y adaptarse a los cambios en curso en el sector agrícola.

2. METODOLOGÍA

La investigación tiene un diseño descriptivo, de tipo bibliográfico con nivel de síntesis; aplicando la metodología revisión sistemática de literatura (RSL) sintetizada a partir de la propuesta por Kitchenham *et al.* [2], esto con el fin de conocer el impacto de los sistemas de información en la agricultura inteligente. Los métodos utilizados se definieron en tres fases, la primera dedicada a la planificación de la revisión, que consistió en desarrollar las preguntas de

investigación, asociar temáticas secundarias e identificar las bases de datos donde se obtendrá información. La segunda fase es la identificación de fuentes o estudios relevantes donde se aplican los criterios de inclusión y exclusión para seleccionar artículos científicos, además se revisa exhaustivamente si están relacionados a la temática y tengan una estructura IMRYD. La tercera fase consiste en el análisis y descripción de cada estudio como parte del contenido de la presente investigación, en esta fase se recopilamos datos puntuales sobre las preguntas de investigación y temáticas secundarias. A continuación, en la Figura 1 se presentan las fases llevadas a cabo en esta investigación:

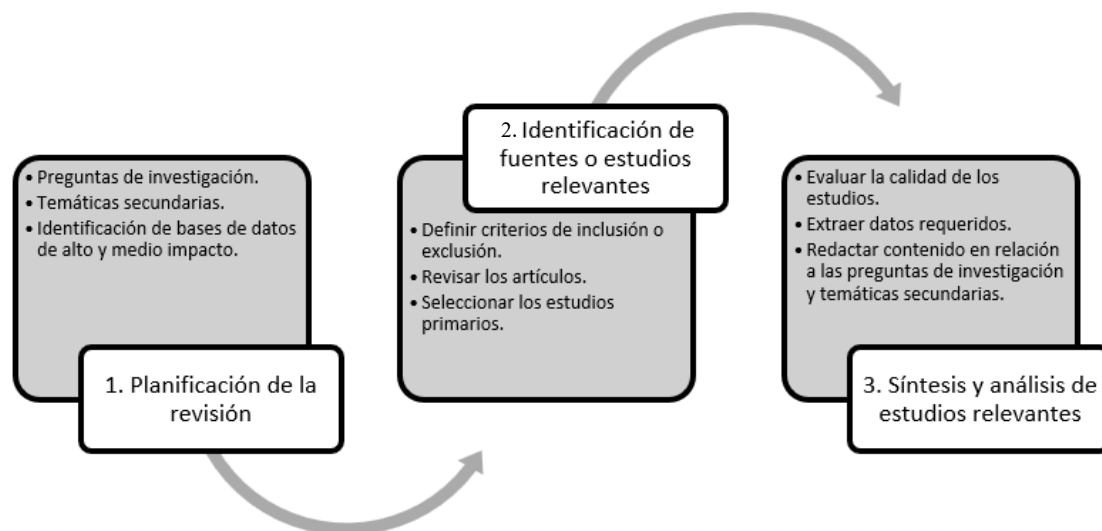


Figura 1. Fases de la metodología RSL sintetizada a partir de la propuesta planteada en [2].

Fase 1: Planificación de la revisión

Preguntas de investigación. El objetivo principal de esta investigación es analizar exhaustivamente los estudios sobre los sistemas de información aplicados en la agricultura inteligente, con el fin de obtener un conocimiento más detallado y una visión sintetizada del impacto generado por dichos sistemas de información en la agricultura inteligente. Partiendo de lo mencionado se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué sistemas de información son los más relevantes aplicados en la agricultura inteligente?
- ¿Cuáles son los principales avances de las tecnologías en la agricultura de precisión?
- ¿Qué mecanismos de conectividad, seguridad e IoT se implementan en la agricultura?
- ¿Cómo varían las metodologías aplicadas en nuevas aplicaciones de la agricultura inteligente?
- ¿Cuál es la contribución de los sistemas de información en la gestión eficiente de recursos naturales?

De manera explícita en el presente trabajo también se presentan algunas temáticas a abordar:

- Principales tecnologías habilitantes para los sistemas de información en la agricultura.
- Avances tecnológicos en la agricultura de precisión.
- Mecanismos de conectividad, seguridad e IoT en la agricultura.
- Contribución de los SI en la gestión eficiente de recursos naturales.
- Impacto de los SI en el consumo energético y reducción de huella de carbono.
- Impacto el sistema de computación y bases de datos en la nube para los procedimientos agrícolas.

Identificación de bases de datos de alto y medio impacto. Para la recopilación de la literatura las búsquedas se realizaron en Scopus, Dimensions, Google Scholar, IEEE, Scielo y Redalyc. A continuación, en la Tabla 1 se describe el CiteScore y el criterio de elección de cada una de las bases de datos que dieron soporte a la presente investigación.

Tabla 1. Bases de datos para búsqueda de literatura.

Base de datos	CiteScore	Criterio de elección
Google Scholar	0,8	Motor de búsqueda de literatura académica y científica, amplio y completo.
IEEE	2,5	Base de datos especializada en áreas de la ingeniería.
Scopus	3,2	Base de datos internacional y que presenta artículos de alto impacto en diferentes disciplinas.
Dimensions	1,2	Base de datos internacional que presenta artículos relacionados a diferentes áreas de investigación.
Scielo	2,0	Bases de datos de acceso abierto.
Redalyc	1,4	

Se formuló varias ecuaciones y se evaluó la precisión en razón de los objetivos, tomando los resultados más relacionados y considerando también el número de citas de los mismos. Los términos predominantes para la búsqueda de literatura son los correspondientes a las ecuaciones 4 y 5 presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Fórmulas bibliográficas y resultados obtenidos.

# de ecuación	Ecuación bibliográfica	Resultados	Selección	Precisión
1	"Impacto de los Sistemas de Información en la Agricultura"	3		
2	"Impacto de los Sistemas de Información" y "Agricultura Inteligente"	0		
3	"Impact of Information Systems" AND "Smart Agriculture".	6	1	2,5
4	"Sistemas de Información" AND "Agricultura"	14800	27	67,5
5	"Sistema de Información" AND "Internet de las cosas"	2950	12	30
Total		17759	40	100

Facilidad en el acceso a la información: Las bases de datos que fueron seleccionadas permitieron descargar los artículos sin novedad alguna.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Fase 2: Revisión de fuentes o estudios relevantes

Criterios de inclusión y exclusión. Los criterios para seleccionar las fuentes de información, fueron: fecha de publicación comprendida entre 2017 a 2024, tipo de publicación donde solo se aceptaban artículos o tesis y sobre todo la relevancia al tema de investigación y accesibilidad al documento original.

Realizar la revisión de la literatura. Leer y analizar cada fuente de información seleccionada, identificando los principales hallazgos, conclusiones y recomendaciones. En esta exhaustiva revisión, se logró obtener de manera general 85 artículos relacionados al tema, pero finalmente se seleccionaron 35 debido a criterios de inclusión antes mencionados.

Selección de estudios primarios. El proceso de clasificación de los documentos científicos está basado en responder a los objetivos por medio de las preguntas de investigación. Para la selección de los estudios primarios se llevan a cabo los siguientes filtros de revisión:

- Títulos y resúmenes, centrándose en la coincidencia de los mismos con los temas de interés, los objetivos de la investigación y las preguntas planteadas.
- Coherencia entre los métodos, tecnologías o técnicas empleadas en los estudios y su relevancia para la temática.
- Relevancia de los sistemas de información, las tecnologías aplicadas, los métodos de evaluación de impacto, y la contribución a la gestión eficiente de recursos naturales en la agricultura inteligente.

Fase 3: Síntesis y análisis de estudios relevantes

Evaluar la calidad de los estudios y extracción de datos requeridos. Las metodologías de investigación seleccionadas varían entre revisiones bibliográficas y aplicaciones de uso (ejecución del proyecto, prototipo y modelado) para analizar las características técnicas recopiladas de los análisis de las investigaciones; adentrándonos en los sensores termográficos y las cámaras multispectrales (móviles por medio de drones y fijas), para detectar diferencias de temperatura e imágenes de las plantas en diferentes longitudes de onda que pueden indicar la presencia de insectos o enfermedades, así como sensores de reflectancia para identificar la salud y la productividad de los cultivos.

Extraer datos requeridos. La información es tabulada para extraer datos en relación con las tecnologías habilitadoras que en sinergia forman los sistemas de información. A continuación, en la Tabla 3 se presentan algunas tecnologías disponibles:

Tabla 3. Tecnologías, aplicaciones y protocolos utilizados en la agricultura inteligente.

Tecnologías habilitadoras	Aplicaciones	Uso	Protocolos y Compatibilida
Big data	Análisis de grandes cantidades de datos para identificar patrones y tendencias. Monitoreo del cultivo, detección de insectos y enfermedades, optimización del riego y la fertilización, gestión de la cadena de suministro.	Alto	UBIDOTS, Hadoop, Spark, Cassandra. MQTT, HTTP, REST.

Cloud Database	Gestión de datos agrícolas. Acceso remoto. Análisis de datos avanzado. Gestión de inventario y logística. Colaboración y compartición de datos. Escalabilidad y flexibilidad.	Alto	MQTT, CoAP, OPC UA, SSL/TLS.
Cloud Computing	Monitoreo remoto de cultivos. Predicción y gestión de riesgos. Plataformas de mercado agrícola.	Alto	MQTT, CoAP, HTTP, TLS.
Sistemas embebidos	Control de riego. Gestión de plagas y enfermedades. Automatización de maquinaria agrícola. Optimización de la producción.	Medio	Modbus, CAN, MQTT, LoRaWAN, APIs.
Internet de las cosas (IoT)	Recopilación y transmisión de datos en tiempo real desde los cultivos y el entorno. Monitoreo del cultivo, detección de insectos y enfermedades, control del riego y la fertilización, automatización de tareas agrícolas.	Medio	MQTT, HTTP, REST.
Sistemas de información geográfica (SIG)	Análisis espacial de datos para la planificación y gestión de las explotaciones agrícolas. Planificación de cultivos, gestión de recursos hídricos, análisis de riesgos.	Medio	PostgreSQL, MySQL, Oracle.
Robótica	Automatización de tareas agrícolas, como la siembra, la cosecha y la aplicación de fertilizantes. Siembra, cosecha, aplicación de fertilizantes, control de plagas.	Medio	ROS, Python, C++.
Automatización	Automatización de procesos agrícolas, como el riego y el control de plagas.	Medio	Python, C++.

Análisis y validación de datos requeridos

Sistema de Información

Para Pazmiño *et al.* [10], un sistema de información es una estructura organizada y planificada que consiste en personas, procesos, tecnologías y datos diseñados para recopilar, almacenar, procesar y distribuir información dentro de una organización o entre varias. Todo sistema de información cuenta con una arquitectura interna, la cual puede ser identificada como cliente-servidor, red entre pares, Modelo-Vista-Controlador (MVC), arquitectura orientada a eventos (EDA), arquitectura de microservicios, pero lo que resulta importante son sus elementos internos para que estas funcionen de manera efectiva y eficiente, según Lapiedra *et al.* [11], los elementos de cualquier arquitectura de SI, son los siguientes:

Base de datos. Es el componente central que almacena la información de manera estructurada y organizada para facilitar su acceso y manipulación. Puede utilizar diferentes tecnologías de bases de datos como SQL, NoSQL, o bases de datos en memoria, dependiendo de los requisitos del sistema.

Capa de lógica de negocio. Esta capa contiene la lógica de negocio del sistema, que incluye reglas de negocio, algoritmos de procesamiento y cualquier otra lógica necesaria para realizar operaciones sobre los datos. Puede implementarse utilizando diferentes tecnologías, como lenguajes de programación (Java, Python, entre otros) o motores de reglas empresariales.

Capa de presentación. Es la interfaz a través de la cual los usuarios interactúan con el sistema. Puede incluir interfaces de usuario gráficas (GUI), interfaces de línea de comandos (CLI) o interfaces de programación de aplicaciones (API) para la integración con otros sistemas.

Servicios. Estos son componentes que proporcionan funcionalidades específicas del sistema, como autenticación, autorización, gestión de sesiones, etc. Estos servicios pueden ser compartidos por diferentes partes del sistema.

Seguridad. La seguridad es un aspecto crítico de la arquitectura de un sistema de información. Incluye mecanismos de autenticación, autorización, cifrado de datos, auditoría, y otras medidas para proteger la información contra accesos no autorizados y garantizar la privacidad y la integridad de los datos.

Escalabilidad y rendimiento. La arquitectura debe ser diseñada para ser escalable y para proporcionar un rendimiento adecuado, especialmente en sistemas que manejan grandes volúmenes de datos o que requieren una alta disponibilidad.

Integración. Los sistemas de información suelen necesitar integrarse con otros sistemas y servicios externos. La arquitectura debe permitir esta integración de manera eficiente y robusta, utilizando estándares y protocolos de comunicación adecuados.

Sistema de información en la agricultura inteligente

Según Vite *et al.* [12], algunos centros de investigación de China e India, como la Universidad de Ciencia y Tecnología Huazhong, Universidad de Agricultura en China y el Centro Nacional de Agricultura de la India, analizan la creciente demanda de alimentos orgánicos y la necesidad de reducir el impacto ambiental de la agricultura reflejando la necesidad de implementar tecnologías de agricultura inteligente con resultados en esta área de Big Data, Cloud Computing, IoT, SIG, Robótica y Automatización.

Para comprender de manera general la importancia de los sistemas de información, se debe conceptualizar su término, entendido como el conjunto organizado de componentes que interactúan para recopilar, procesar, almacenar y distribuir datos con el objetivo de apoyar la toma de decisiones, el control y la coordinación en una organización. Estos sistemas no solo incluyen tecnología informática, como hardware y software, sino también procesos, procedimientos, personas y datos. Su función principal es facilitar la gestión eficiente de la información dentro de una empresa u organización, ayudando a mejorar la productividad, la eficacia y la calidad de las decisiones según López *et al.* [13].

Un informe de la consultora McKinsey citado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) sustenta en [14], que las tecnologías o herramientas de información más utilizadas en la agricultura inteligente son los SIG (80 %), el IoT (70 %) y el Big Data y análisis predictivo (60 %). La cadena de bloques (*Blockchain*) según la LISA INSTITUTE es un libro contable digital distribuido y descentralizado que almacena y comparte información a proveedores y compañías cuyos registros son inmutables, en tiempo real de transacciones y

propiedad, por ello *blockchain* es considerado como un nuevo paradigma disruptivo en seguridad que se distribuye por toda la red para los sistemas de información.

Un aspecto importante para considerar el uso de tecnologías habilitadoras o sistemas de información en la agricultura es conocer la reducción del consumo energético que estas puedan ofrecer, según Tobar y Moran [15], quienes sustentan que utilizar hardware y software eficientes en términos energéticos puede reducir significativamente el consumo de energía. Esto podría incluir la selección de servidores de baja potencia, computadoras de bajo consumo energético y software optimizado para realizar tareas con la menor cantidad de recursos posibles. Por otra parte, utilizar sensores y dispositivos de monitoreo de bajo consumo energético, es posible debido a la existencia de tecnologías que permiten recopilar datos importantes con un impacto mínimo en la huella energética.

También, Blanco [16] manifiesta que donde sea posible, utilizar fuentes de energía renovable para alimentar los sistemas de información agrícola puede ayudar a reducir la huella de carbono general del sector. Esto podría incluir la instalación de paneles solares o el uso de energía eólica. Además, capacitar a los usuarios sobre prácticas de eficiencia energética y promover una cultura de conservación de energía puede ayudar a reducir el consumo energético en sistemas de información agrícola. Esto podría incluir capacitación sobre cómo optimizar el uso de hardware y software, así como fomentar hábitos de trabajo que minimicen el consumo de energía.

Según las proyecciones realizadas en [17] por la experta en investigación sobre agricultura y bienes de consumo, el mercado global de agricultura inteligente, que tuvo un valor de 12.000 millones de dólares en 2022, se espera que alcance los 28.000 millones de dólares en 2028. Otras estimaciones realizadas en [18] por *Precedence Research y Global Market Insights Inc.* sitúan el tamaño del mercado en alrededor de 1.7 mil millones de dólares en 2022, con una proyección de crecimiento a una tasa anual compuesta del 20 % al 23,3 % hasta 2032. Estas proyecciones reflejan el creciente interés y la adopción de la inteligencia artificial en el sector agrícola.

La selección del sistema de información adecuado para agricultura inteligente depende de una serie de factores, incluyendo el área de suelo a ser cultivado, los sensores empleados, las condiciones del suelo, el tipo de red a emplear, el protocolo de conexión, la base de datos y la aplicación a desarrollar o usar ya sea local o en la nube, en la Tabla 4, se describe una recopilación de los sistemas de información y de los sensores empleados según el criterio o variable de estudio.

Tabla 4. Alcance de tecnologías empleadas en la agricultura inteligente.

Tecnologías habilitadoras	Alcance y/o beneficios
Sistema de Información Geográfica (SIG)	Representar y analizar datos espaciales, para la planificación y gestión de grandes explotaciones agrícolas.
Internet de las Cosas (IoT)	Recopila datos en tiempo real desde los cultivos y el entorno.
Big data	Analizar grandes cantidades de datos para identificar patrones y tendencias, ayuda a mejorar la gestión del suelo. Aumenta la ganancia neta al no existir intermediarios usando Blockchain y aplicaciones a medida.
Robótica	Automatizar tareas agrícolas, libera mano de obra y aumenta la eficiencia.
Automatización	Controla procesos agrícolas, para reducir el consumo de energía y los residuos.

Base de datos en la nube	Almacena y gestiona en la nube de información (servidores), todos los datos recopilados por los sistemas de información y sensores para agricultura inteligente.
Sistemas embebidos	Permite el monitoreo y control de condiciones ambientales. Además, se pueden automatizar a través de estos sistemas, el riego, fertilización, control de plagas, funcionalidad de máquina agrícolas.
Cloud Computing	Permite incorporar infraestructura digital, con el objetivo de utilizar software para el almacenamiento, procesamiento y análisis de datos agrícolas obtenidos de las operaciones ejecutadas por la organización.

En la agricultura también existe una gran demanda por recursos de IoT, tales como sensores, a continuación, en la Tabla 5 se especifican los nombres, fabricantes, características y el tipo de monitoreo de cada uno de ellos.

Los sistemas de información y los sensores agrícolas han beneficiado significativamente los avances de la agricultura de precisión. Estos sistemas permiten recopilar datos detallados sobre el suelo, el clima, el agua y las plantas, y enviarlos a la nube para un análisis y visualización precisos. La integración de tecnologías como el GPS, los drones, los sistemas de información geográfica y los sensores inteligentes ha revolucionado la forma en que los agricultores toman decisiones y gestionan sus cultivos.

Estos avances son fundamentales para la agricultura de precisión, ya que permiten una gestión más eficiente de los recursos, una toma de decisiones basada en datos y una mayor sostenibilidad en la producción de alimentos, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que busca "construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación" según Fernández *et al.* [19]. La agricultura de precisión contribuye a la sostenibilidad agrícola, al cuidado del medioambiente a través del uso óptimo de los recursos, y a la mejora de la toma de decisiones para los agricultores. Además, en [20] se sostiene como forma parte de la estrategia para garantizar una cadena alimentaria sostenible, en línea con los objetivos de desarrollo sostenible.

Estos avances tecnológicos se muestran en la Tabla 6 y han permitido mejorar la eficiencia y la productividad de los cultivos, así como la toma de decisiones más precisa y sostenible en la agricultura. La implementación de la agricultura de precisión ha sido fundamental para enfrentar el cambio climático y mejorar la sostenibilidad en la agricultura.

Tabla 5. Sensores empleados en la agricultura inteligente.

Sensores	Fabricante	Características	Tipo de monitoreo
Cybershot DSC-QX100	Sony	Cámara digital compacta con sensor CMOS de 20 megapíxeles y zoom óptico de 3,6x. Se utiliza para capturar imágenes de los cultivos para su análisis con software de visión artificial.	Cultivo
Parrot Sequoia	MicaSense	Cámara multiespectral con sensor CMOS de 16 a 23 megapíxeles. Se utiliza para capturar imágenes de los cultivos en diferentes longitudes de onda, lo que permite a los agricultores determinar la salud y la productividad de los cultivos. Rango de temperatura: -20 a 150 °C. Sensibilidad térmica: <0,05 °C	
FLIR Blackfly 23S6C	FLIR Systems	Cámara termográfica con sensor de infrarrojos de 640x512 píxeles. Se utiliza para detectar diferencias de temperatura en las plantas que pueden indicar la presencia de insectos o enfermedades. Espectro visible (RGB), infrarrojo cercano (NIR) e infrarrojo térmico (TIR).	
ACS-430	Holland Scientific	Sensores de reflectancia activos con un rango de 400-1000 nm. Se utilizan para medir la cantidad de luz reflejada por las plantas, lo que se puede utilizar para determinar la salud y la productividad de los cultivos. Rango de reflectancia: 0 a 1.	
ACS-470	Holland Scientific	Sensor de reflectancia activo de 470 nm. Rango de reflectancia: 0 a 1.	
3DR Iris+	3D Robotics	Drones con cámara RGB de 12 MP y cámara térmica de 160 x 120 píxeles. Rango de temperatura: -10 a 60 °C. Sensibilidad térmica: <0,2 °C.	
DJI Mavic 2 Enterprise Advanced	DJI	Drone con cámara RGB de 20 MP y cámara térmica de 640 x 512 píxeles. Rango de temperatura: -20 a 60 °C. Sensibilidad térmica: <0,04 °C.	

Variable a medir: Temperatura.			
DS18B20	Integrated	Sensor de temperatura digital con rango de -55 a 125 °C. Precisión: $\pm 0,5$ °C.	
VH400	Vegetaroni x	Sensor de temperatura digital con rango de -40 a 80 °C. Precisión: $\pm 0,5$ °C.	
HL-69, ECH2O- 10000	Group	Sensor de temperatura de resistencia con rango de -10 a 80 °C. Precisión: $\pm 0,5$ °C.	
Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2	DERobots	Rango de medición: 0-50 % de humedad del suelo. Precisión: ± 2 %. Voltaje de operación: 3.3-5 V Corriente de operación: <20 mA. Salida analógica y digital	Sustrato
Capacitive Soil Moisture Sensor	Adafruit	Rango de medición: 0-50 % de humedad del suelo. Precisión: ± 2 %. Voltaje de operación: 3.3-5 V. Corriente de operación: <20 mA. Salida analógica	
Resistive Soil Moisture Sensor v1.2	DERobots	Rango de medición: 0-100 % de humedad del suelo. Precisión: ± 5 %. Voltaje de operación: 3.3-5 V. Corriente de operación: <20 mA. Salida analógica y digital	
Soil Moisture Sensor	SparkFun	Rango de medición: 0-50 % de humedad del suelo. Precisión: ± 5 %. Voltaje de operación: 3.3-5 V. Corriente de operación: <20 mA. Salida analógica.	

Variable a medir: pH.		
ECH2O 5TE	De METER Group	Este sensor mide la humedad del suelo, la conductividad eléctrica y el pH. Precisión: $\pm 0,3$ en condiciones normales y precisión: $\pm 0,2$ en condiciones específicas del suelo.
SEN0244	DERobots	Sensor de pH con rango de 0 a 14. Precisión: $\pm 0,1$ pH.
EnviroSCAN	Sentek	Proporciona mediciones de humedad del suelo, conductividad eléctrica y temperatura, lo que puede utilizarse para inferir el pH del suelo. Precisión: $\pm 0,3$ pH.
EC-5	Decagon Devices (ahora METER Group)	Mide la humedad del suelo y la conductividad eléctrica, que se puede utilizar para estimar la salinidad del suelo. Precisión: $\pm 0,1$ pH.
Variable a medir: Temperatura y humedad del aire.		
DHT11, DHT22	Aosong Electronics Co., Ltd., Guangzhou, China	Rango de temperatura: 0 a 50 °C. Precisión: ± 2 °C. Rango de humedad: 0 a 100 %. Precisión: ± 5 %.
Variable a medir: Radiación.		
SQ-110	Apogee Instruments, Inc., Logan, UT, USA	Rango de radiación: 0 a 20.000 lux. Precisión: ± 10 %.
Variable a medir: Lluvia.		
YF-S402, YL-83, SE- WS700D	Graylogix, Bangalore, Karnataka, India; Vaisala Corp., Helsinki, Finland; Lufft Inc., Berlin, Germany	Rango de lluvia: 0 a 500 mm. Precisión: ± 1 mm.

Ambiente

Variable a medir: Luminosidad.		
BH1750, TSL2561	Rohm Semiconductor, Kyoto, Japan; Adafruit Industries, New York City, NY, USA	Rango de luminosidad: 0 a 40.000 lux. Precisión: $\pm 5\%$.
Variable a medir: Presión atmosférica.		
MPL3115A2	NXP Semiconductors, Eindhoven, The Netherlands	Rango de presión: 300 a 1.100 hPa. Precisión: $\pm 0,03$ hPa.
Variable a medir: Dirección y velocidad del viento.		
WS-3000, SparkFun	Ambient Weather, Chandler, AZ, USA; SparkFun Electronics, Niwot, CO, USA.	Rango de velocidad del viento: 0 a 30 m/s. Precisión: $\pm 0,2$ m/s.
Variable a medir: Concentración de CO_2 .		
MG-811, MQ135	Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd., Zhengzhou, China; Waveshare Electronics, Shenzhen, China	Rango de concentración de CO_2 : 0 a 5.000 ppm. Precisión: ± 50 ppm.

Tabla 6. Análisis de los Sistemas de información y sensores empleados.

Tecnologías habilitadoras	Tecnologías en la agricultura de precisión	Alcance o uso	Porcentaje de implementación según estudios publicados	Porcentaje de ahorro en pesticidas o fertilizante	Porcentaje de mejora en la producción/ cosecha	Porcentaje de ahorro energético
Robótica	Sembradoras de precisión: sembradoras que colocan las semillas de manera precisa y uniforme en el suelo.	Grandes extensiones de área para cultivar e industrializar la agricultura.	10-20 %	20-30 %	10-20 %	10-30 %
Automatización	Riego automatizado: sistemas que controlan el riego de los cultivos de forma automática, en función de las condiciones del suelo y del clima.	Explotaciones agrícolas de gran tamaño o con escasez de mano de obra.	5-10 %	10-20 %	10-20 %	20-50 %
Big Data	Análisis de datos: análisis de grandes cantidades de datos para identificar patrones y tendencias.	Explotaciones agrícolas de todos los tamaños.	5-10 %	10-20 %	10-20 %	10-30 %
SIG	Geolocalización: ubicación de los cultivos y el entorno en un mapa.	Explotaciones agrícolas de todos los tamaños.	5-10 %	10-20 %	10-20 %	20-50 %

Impacto de los SI en el consumo energético y reducción de huella de carbono

Los SI tienen un impacto significativo en el consumo energético y la reducción de la huella de carbono, por lo que Zanfrillo *et al.* [21] describe algunas de estas razones:

Eficiencia energética. Los SI pueden optimizar el uso de recursos energéticos al monitorear y controlar sistemas de iluminación, calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) en edificios comerciales y residenciales. Mediante el uso de sensores, automatización y análisis de datos, los SI pueden ajustar el consumo de energía según la demanda real, lo que resulta en un uso más eficiente de la energía.

Gestión de la cadena de suministro. Los SI permiten una mejor gestión de la cadena de suministro, lo que puede reducir las emisiones asociadas con el transporte y el almacenamiento de productos. Al optimizar las rutas de entrega, minimizar los tiempos de almacenamiento y reducir el desperdicio, los SI pueden ayudar a disminuir la huella de carbono de las operaciones logísticas.

Teletrabajo y videoconferencias. La adopción de SI facilita el trabajo remoto y las videoconferencias, lo que reduce la necesidad de desplazamientos físicos hacia y desde el lugar de trabajo. Menos desplazamientos significan una menor emisión de gases de efecto invernadero asociados con el transporte.

Monitorización y gestión de energía. Los SI pueden recopilar datos detallados sobre el consumo de energía en tiempo real, lo que permite a las organizaciones identificar áreas de alto consumo y tomar medidas para reducirlo. Esto puede incluir la identificación de equipos ineficientes, la programación de apagado automático de dispositivos no utilizados y la implementación de políticas de ahorro de energía.

Fomento de prácticas sostenibles. Los SI también pueden ayudar a las organizaciones a promover prácticas sostenibles entre sus empleados y clientes. Por ejemplo, aplicaciones móviles y plataformas en línea pueden educar sobre la importancia de reducir el consumo de energía y proporcionar herramientas para hacerlo, como consejos para un consumo más eficiente o la configuración de recordatorios para apagar dispositivos.

Impacto de los sistemas de computación y bases de datos en la nube para los procedimientos agrícolas

El impacto de los sistemas de computación y bases de datos en la nube en los procedimientos agrícolas ha sido significativo en los últimos años según Tovar [22], además estas son las principales ventajas que resulta de incorporar estas tecnologías en los procesos agrícolas:

Gestión de datos agrícolas. La agricultura de precisión se ha beneficiado enormemente de los sistemas de computación en la nube y las bases de datos. Los agricultores pueden recopilar datos de sensores, imágenes satelitales y drones, y almacenarlos de manera centralizada en la nube. Esto les permite acceder a información sobre el clima, el suelo, los cultivos y el rendimiento de manera más eficiente, lo que facilita la toma de decisiones informadas.

Optimización de la cadena de suministro. Los sistemas de bases de datos en la nube permiten una mejor coordinación entre los diversos actores de la cadena de suministro agrícola, desde los agricultores hasta los minoristas. Esto puede mejorar la planificación de la producción, la logística y la distribución, lo que reduce el desperdicio y aumenta la eficiencia.

Aplicaciones móviles para agricultores. Muchas aplicaciones móviles diseñadas para agricultores se basan en sistemas en la nube para almacenar datos y ofrecer servicios como recomendaciones de cultivos, seguimiento de inventario, gestión de la mano de obra y acceso a información sobre precios de productos.

Agricultura inteligente y automatización. La combinación de sistemas en la nube con tecnologías como el IoT y la Inteligencia Artificial (IA) ha llevado a avances en la agricultura inteligente y la automatización. Los agricultores pueden monitorear y controlar de forma remota equipos agrícolas, sistemas de riego y condiciones ambientales en tiempo real, lo que les permite optimizar el uso de recursos y maximizar el rendimiento de los cultivos.

Análisis predictivo y modelado. Los datos almacenados en la nube pueden ser utilizados para desarrollar modelos predictivos que ayuden a los agricultores a anticipar eventos como plagas, enfermedades de los cultivos o cambios en el clima. Esto les permite tomar medidas proactivas para mitigar riesgos y maximizar la producción.

4. CONCLUSIONES

Las tecnologías habilitantes de la agricultura inteligente en sinergia con los sistemas de información mejoran la eficiencia y la productividad de los cultivos, permiten tomar decisiones precisas sobre el riego, la fertilización, la siembra y la cosecha. Alineando los beneficios de la agricultura inteligente con los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas se tiene:

- **ODS 2:** Hambre cero, ayuda a aumentar la producción de alimentos, lo que contribuye a reducir el hambre y la malnutrición.
- **ODS 6:** Agua limpia y saneamiento, ayuda a reducir el consumo de agua, lo que puede contribuir a la conservación de los recursos hídricos.
- **ODS 12:** Producción y consumo responsables, ayuda a reducir los residuos, enfermedades, plagas en los cultivos y la contaminación, lo que puede contribuir a un consumo más sostenible y saludable.

Así lo respalda la información que se recopila por medio de sensores y se analiza a través de los sistemas de información, obteniendo una mayor eficiencia en el uso de los recursos y una mejora de la productividad de los cultivos, como consta en [1], [3], [14] - [17] y [19] con una reducción del 25 % en consumo de agua, una productividad de los cultivos en un 10 %; reducción de fertilizantes en un 50 % y pesticidas en un 25 %, con los datos obtenidos se logra conocer las necesidades nutricionales de los cultivos.

Para el mismo propósito en las investigaciones [5] - [7], [16] y [17] se utilizó *Machine Learning* mejorando la precisión en un ± 5 %, mientras que en [8], [9], [19] y [21] implementando cultivos hidropónicos evaluamos una reducción del consumo de agua entre 20 % al 30 %, y un aumento en la productividad de 5 – 10 % incluso la calidad del agua lo que permite tener consciencia de la huella hídrica y la calidad de los alimentos que se consumen, con lo cual se aplican prácticas justas para optimizar el uso del agua a la vez que protegemos al medio ambiente.

Además en los estudios [22] y [23] a través de sus razones que parten de los sistemas de información, junto con la computación en la nube y las bases de datos, desempeñan un papel importante en la agricultura debido a que permiten reducir costos de infraestructura, mejorar la logística y cadena de suministros, así como acceder a datos y análisis avanzados en síntesis, esto evidencia un impacto significativo en la eficiencia y sostenibilidad general. Actualmente los sistemas de información actúan de manera integral en la reducción del consumo de energía y la huella de carbono al haberse proporcionado buenas prácticas por parte de las organizaciones a la hora de implementar tecnologías en el agro, siendo una de estas, el uso de tecnologías limpias, la eficiencia operativa y la concientización y educación del personal.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que la población mundial seguirá aumentando en las próximas décadas, alcanzando los 9.700 millones de personas en 2050 y los 10.900 millones de personas en 2100, ante esta información aumenta la presión sobre el control y buena gestión que se debe realizar de los recursos naturales, en especial del agua.

En las investigaciones [24] - [33], se confirman datos de ahorro de agua hasta en un 25 %, además del ahorro energético en un 35 % a su vez que se genera la incorporación de elementos robóticos del 1 % al 30 %, esto gracias a la funcionalidad de dispositivos a través de baterías, en estos estudios aparecen otras tecnologías habilitadoras como la automatización que genera del 20 % al 50 % de reducción energética, así como la big data y SIG que permiten el ahorro de entre 10 % a 50 %.

Por otra parte, el aumento de la productividad por medio de distintos sistemas de información que con la implementación de sensores agrícolas logrando reducir el uso de fertilizantes hasta en un 30 % y el uso de pesticidas en un 20 % aproximadamente, los desafíos para el desarrollo del agro son grandes pero el cambio climático, la pérdida de cosechas y los contaminantes como metales pesados pueden evitarse aplicando correctamente la agricultura inteligente y los distintos sistemas de información descritos en la Tabla 6.

Este artículo reúne datos relevantes para futuras investigaciones y permitió elaborar una guía sobre un modelado usando hardware de bajo costo y simuladores para que estudiantes universitarios puedan tener sus primeros pasos aplicando la agricultura inteligente.

REFERENCIAS

- [1] J. Tumiwa, O. Tuegeh, B. Bittner y A. Nagy, “The Challenges to Developing Smart Agricultural Village in The Industrial Revolution 4.0: The Case of Indonesia”, *Torun International Studies*, vol. 1, no. 15, pp. 25-45, jun. 2022. [Online], Available: <https://doi.org/10.12775/TIS.2022.002>
- [2] B. Kitchenham, y S. Charters,” Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering”, Keele University and Durham University, 2007. [Online], Available: https://www.researchgate.net/publication/302924724_Guidelines_for_performing_Systematic_Literature_Reviews_in_Software_Engineering
- [3] P. Dato, B. Khairul y E. Luah, “The Role of Smart Farming in Sustainable Development”, *International Journal of Asian Business and Information Management*, vol. 13, no. 2, pp. 1–12, jul. 2021. [Online], Available: <https://doi.org/10.4018/ijabim.20220701.oa5>
- [4] A. Sonnino y J. Ruane, “La innovación en agricultura y las biotecnologías agrícolas como herramientas de las políticas de seguridad alimentaria”, en *Biotechnologías e innovación: el compromiso social de la ciencia*, Pontificia Universidad Javeriana, 2013, pp. 25-52, https://www.researchgate.net/publication/263443721_La_innovacion_en_agricultura_y_las_biotecnologias_agricolas_como_herramientas_de_las_politicas_de_seguridad_alimentaria.
- [5] J. Lamis, J. Plasencia y F. Marrero, “Evaluación del nivel de sostenibilidad en la gestión de las tecnologías y sistemas de información a través de la Lógica Difusa Compensatoria”, *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*. vol. 33, no. 1, pp. 154-168, jun. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.4383>
- [6] L. Wang, C. Qi, P. Jiang y S. Xiang, “The Impact of Blockchain Application on the Qualification Rate and Circulation Efficiency of Agricultural Products: A Simulation Analysis with Agent- Based Modelling”. *International Journal Environment Research Public Health*, vol. 19, no. 13, pp. 1-17 jun. 2022. [Online], Available: <https://doi.org/10.3390/ijerph19137686>

- [7] C. Maraveas y T. Bartzanas, “Aplicación de internet de las cosas (IoT) para entornos de invernadero optimizados”, *Magna Sci. UCEVA*, vol. 2, no. 2, pp. 260-275, dic. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.54502/msuceva.v2n2a11>
- [8] S. Quishpe, M. Padilla, y M. Ruiz, “Despliegue Óptimo de Redes Inalámbricas para Medición Inteligente”, *Revista Técnica Energía*, vol. 16, no. 1, pp. 106–113, jul. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v16.n1.2019.341>
- [9] D. Duarte, “Modelo matemático de conductividad eléctrica en función del flujo acuífero en suelos usando mallado de flujos”. *Ingeniería UC*, vol. 27, no. 3, pp. 343–352, dic. 2020. [En línea]. Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v27n3/art08.pdf>
- [10] S. Pazmiño, R. Carriel y J. Mosquera, “Importancia de los sistemas de información para tomar mejores decisiones empresariales”, *Conciencia Digital*, vol. 6, no. 1, pp. 87-101, en. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i1>
- [11] R. Lapiedra, J. López, S. Ferrer y J. Darocha, “*Planificación y organización de los sistemas de información en la empresa*”, 1^{er} ed. España: Universidad Jaume I, Sarpienta, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.6035/Sapientia169>
- [12] H. Vite, J. Townsend y H. Carvajal, “Big Data e internet de las cosas en la producción de banano orgánico”, *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 12, no. 4, pp. 192-200, jul. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1630/1635>
- [13] O. López, M. Dorado y D. Martínez, “Aplicabilidad de los sistemas de información en una EAPB de la ciudad de Cali 2021”, *Ciencia Latina*, vol. 7, no. 3, pp. 7786-7801, jul. 2023. [En línea]. Disponible en: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6758
- [14] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “*Tecnologías digitales para un nuevo futuro*”, Santiago: Naciones Unidas, 2021. <https://hdl.handle.net/11362/46816>
- [15] B. Tobar y M. Morán, “Agricultura de precisión y redes de sensores inalámbricos, análisis de su implementación y ventajas en el Ecuador”, *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, vol. 15, no. 6, pp. 54-69, jun. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://publicaciones.uci.cu/index.php/serie/article/view/1082>
- [16] N. Blanco, “Generación de energía eléctrica en sistemas de generación distribuida de pequeña escala usando bioenergía en Nicaragua”, *Revfue*, vol. 19, no. 1, pp. 21–31, dic. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistafuentes/article/view/12371>
- [17] M. Shahbandeh, “Estimated value of artificial intelligence in agriculture market from 2023 to 2028”, *Statista*, oct 2023. [Online], Available: <https://www.statista.com/statistics/1326924/ai-in-agriculture-marketvalue-worldwide/>.
- [18] Precedence Research, “Artificial Intelligence in Agriculture Market Size”, *Precedence Research*, jul. 2023. [En línea]. Available: <https://www.precedenceresearch.com/table-of-content/3157>
- [19] F. Fernández, “IoT aplicado al monitoreo en tiempo real de cultivos agrícolas”, *Reportes Científicos de La FACEN*, vol. 14, no. 1, pp. 62-69, jun. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.18004/rcfacen.2023.14.1.62>

- [20] S. Fonseca, M. Andrade, A. Luchiari y S. Medeiros, “A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente”, *Embrapa*, vol. 1, no. 2, pp. 20-45, sep. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217698/1/LV-Agricultura-digital-2020-cap1.pdf>
- [21] A. Zanfrillo y M. Artola, “Aportes para la inclusión de la dimensión medioambiental en los sistemas de información”, *CAPIC REVIEW*, vol. 17, no. 1, pp. 1–13, dic. 2019. [En línea]. Disponible en: <https://capicreview.com/index.php/capicreview/article/view/59>
- [22] A. Tovar, “Agricultura 4.0: uso de tecnologías de precisión y aplicación para pequeños productores”, *Informador Técnico*, vol. 87, no. 2, pp. 168–184, oct. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/588299670.pdf>
- [23] S. Jones, J. Smith, y M. Brown, “The role of big data, the internet of things (IoT), and spatial information systems (GIS) in smart agriculture”, *Sustainability*, vol. 13, no. 18, pp. 10-143, ago. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su131810143>
- [24] P. Dev, S. Khandelwal, S. Yadav, V. Arya y H. Mali, “Climate Based Smart Agriculture: Need for Food Security and Sustainability”, *International Journal of Environment and Climate Change*, vol. 13, no. 3, pp. 224-231, mar. 2023. [Online], Available: <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i31702>
- [25] G. Martínez, D. Flórez y N. Bravo, “Desarrollo de un sistema web y móvil para la gestión de cultivos agrícolas”, *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad*, vol. 10, no. 18, pp. 151-166, sep. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/5343/534367758010/html/>
- [26] J. González, M. Montaña, O. Jiménez, L. Mingo y C. Carrión, “Diseño y despliegue de un sistema de monitoreo basado en IoT para cultivos hidropónicos”, *Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología*, vol. 13, no. 30, pp. 9-18, jul. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.17163/ings.n30.2023.01>
- [27] J. Saavedra, M. Hernández y C. Mendoza, “Aplicaciones y beneficios IOT como alternativa en el gobierno TI: Revisión sistemática de literatura”, *Revista Científica de La UCSA*, vol. 10, no. 1, pp. 120-138, abr. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2023.010.01.120>
- [28] S. Kumar, A. Pandey, y M. Singh, “Smart agriculture: A review of the role of spatial information systems (GIS) and robotics”, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 15, no. 6, pp. 1-14, 2022. <https://doi.org/10.22065/j.ijabe.2022.2340>
- [29] J. Laverde y C. Laverde, “Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego”, *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, vol. 8, no. 2, pp. 1-14, abr. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i2.2542>
- [30] A. Molina, C. Hueichaqueo, B. Martínez, A. Placeres, C. Molina, P. Hueichaqueo, B. Martínez y A. Placeres, “Monitoreo de calidad del agua en sistema de agua potable rural”, *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, vol. 42, no. 3, pp. 60-70, 2021. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282021000300060

- [31] E. Montoya, S. Colorado, W. Muñoz y G. Golondrino, “Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión Soportada en IoT”, *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información*, vol. 17, no. 24, pp. 39-56, mar. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6673698>
- [32] C. Ordoñez, H. Ordoñez y A. Ordoñez, “Low-cost Prototype for Automating of Greenhouse Medicinal Cannabis Production Supported by IoT”, *Revista científica*, vol. 45, no. 3, pp. 414-421, Sep. 2022. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/23448350.19678>
- [33] A. González, G. Amarillo, M. Amarillo y F. Sarmiento, “Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión”, *Publicaciones e Investigación*, vol. 10, no. 1, pp. 23-39, mar. 2016. [En línea]. Disponible en: <https://doi.org/10.22490/25394088.1585>

