**SMART AGRICULTURE**

Álvarez Párraga Jeremy Alexis

Gaibor Rodríguez Jeremy Ruperto

Iván Andrés Villamarin Cuenca

**Afiliación:**  
Universidad Tecnica Estatal de Quevedo

**Docente:**

 Ing.Gleiston Ciceron Guerrero Ulloa

**Carrera:**

Ingeniería en Software “A” – Nivel 3

**Año Lectivo**

2024-2025

I**NDICE**

[RESUMEN 3](#_Toc177682378)

[I. INTRODUCCIÓN 3](#_Toc177682379)

[II. TRABAJOS RELACIONADOS 5](#_Toc177682380)

[2.1 Casos de IoT en la Agricultura Inteligente 5](#_Toc177682381)

[2.2 Casos de Agricultura Inteligente que involucra inteligencia artificial 6](#_Toc177682382)

[2.3 Casos de IoT en Agricultura de Precisión 7](#_Toc177682383)

[III. TRABAJO PROPUESTO 8](#_Toc177682384)

[3.1 Problema General 8](#_Toc177682385)

[3.2 Objetivo general 8](#_Toc177682386)

[3.3 Objetivos específicos 8](#_Toc177682387)

[IV. MATERIALES Y MÉTODOS 8](#_Toc177682388)

[V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 10](#_Toc177682389)

[5.1 Discusión General 20](#_Toc177682390)

[VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 21](#_Toc177682391)

[VII. REFERENCIAS 22](#_Toc177682392)

[VIII. ANEXOS Y ENLACES 27](#_Toc177682393)

# RESUMEN

La agricultura inteligente, impulsada por tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), está transformando las prácticas agrícolas al proporcionar a los agricultores herramientas para monitorear sus cultivos en tiempo real. Estas innovaciones permiten optimizar la eficiencia del riego y mejorar el rendimiento de los cultivos, lo que contribuye a la reducción de costos y al uso más sostenible de los recursos naturales. A pesar de los desafíos, como los altos costos de implementación y la falta de apoyo institucional, el IoT ofrece un potencial significativo para hacer frente a la creciente demanda mundial de alimentos. Este estudio revisa las aplicaciones de la agricultura inteligente, analizando su impacto en la productividad agrícola y en la sostenibilidad, especialmente en áreas con limitaciones económicas. Se destaca la importancia de superar las barreras tecnológicas para aprovechar completamente los beneficios de estas soluciones, que seguirán evolucionando para adaptarse a condiciones climáticas cambiantes y desarrollar sistemas agrícolas más resilientes.

**Palabras Clave:** Sostenibilidad agrícola, Internet de las Cosas (IoT), Eficiencia hídrica, Automatización agrícola, Agricultura inteligente.

# INTRODUCCIÓN

La agricultura inteligente, también conocida como agricultura de precisión, representa una evolución en las prácticas agrícolas tradicionales. Mediante la integración de tecnologías como Internet de las Cosas y robótica, esta nueva forma de agricultura permite automatizar tareas, tomar decisiones basadas en datos y optimizar los recursos, mejorando así la eficiencia y sostenibilidad de la agricultura. [1].

El problema central radica en la creciente demanda de productos agrícolas debido al aumento exponencial de la población mundial, se proyecta un incremento superior al 50% en la demanda de productos agrícolas para el 2050 [2]. Sin embargo, la migración de jóvenes hacia las zonas urbanas está causando una disminución significativa de la mano de obra en el sector agrícola, generando una brecha creciente entre la oferta y la demanda de alimentos. Como resultado, surge la necesidad de automatizar las actividades agrícolas para satisfacer las crecientes necesidades alimentarias de la sociedad [3].

Las tecnologías de agricultura inteligente ofrecen soluciones prometedoras, pero su adopción se ve limitada por factores como la falta de capacitación, costos elevados y escaso apoyo institucional. Esta situación crea una brecha entre las prácticas agrícolas actuales y el potencial de las tecnologías emergentes, lo que puede resultar en una menor eficiencia productiva y un uso subóptimo de los recursos disponibles [4], [5].

La adopción de tecnologías avanzadas como el aprendizaje automático, que aporta un análisis más profundo de los datos agrícolas, facilita la toma de decisiones predictivas. Según Sushanth et al. (2020) [6], estos avances han reducido el consumo de agua en un 40% en comparación con los métodos tradicionales, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad agrícola. De igual manera, Farooq et al. (2020) [7], destacan que el uso de redes de sensores inalámbricos (WSN) en combinación con IoT ha mejorado la eficiencia operativa en un 30-50%, favoreciendo la gestión de los cultivos en tiempo real y reduciendo la necesidad de intervención humana.

Además, la integración del IoT con la robótica está permitiendo el desarrollo de granjas completamente automatizadas, donde drones y vehículos autónomos realizan tareas de monitoreo y gestión, aumentando la eficiencia operativa y reduciendo costos [8], [9]. Esta automatización ha demostrado ser crucial para la detección temprana de plagas y enfermedades, lo que permite una intervención más rápida y precisa, mejorando la calidad del cultivo y reduciendo las pérdidas hasta en un 25% [10].

En este contexto, la propuesta de la revisión se centra en examinar la aplicación e impacto de las soluciones agrícolas inteligentes, con un enfoque particular en cómo estas tecnologías pueden mejorar la eficiencia hídrica y el rendimiento de los cultivos en regiones donde predomina una barrera económica, debido a la movilización del campo a la ciudad. [11]. Este estudio busca proporcionar una visión integral de las tecnologías en la agricultura, abordando tanto sus beneficios potenciales como los desafíos para su implementación [12].

La estructura de este trabajo incluye una metodología detallada de la revisión sistemática, seguida por la presentación de los resultados obtenidos. Posteriormente, se desarrolla una discusión que analiza críticamente los hallazgos en el contexto de la literatura existente. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio, destacando las implicaciones para futuras investigaciones y prácticas en el campo de la agricultura inteligente.

# TRABAJOS RELACIONADOS

En el campo de la agricultura inteligente y las tecnologías IoT, se han realizado varias revisiones sistemáticas que abordan aspectos relevantes para nuestro estudio. A continuación, se presentan algunos trabajos relacionados que han empleado metodologías similares y han explorado temas afines:

## Casos de IoT en la Agricultura Inteligente

Nyoman Kutha Krisnawijaya, [13] Realizaron una revisión sistemática de la literatura sobre plataformas de análisis de datos para sistemas agrícolas. Su estudio examinó 45 artículos primarios, identificando características clave, obstáculos y soluciones propuestas en el uso de estas plataformas. Los autores utilizaron un enfoque metodológico similar al nuestro, incluyendo una búsqueda exhaustiva en bases de datos académicas y criterios de inclusión/exclusión bien definidos.

**Principales hallazgos:**

* Identificaron una tendencia creciente en el desarrollo de plataformas de análisis de datos específicas para la agricultura.
* Destacaron la importancia de la integración de datos heterogéneos y la necesidad de interfaces de usuario intuitivas.
* Señalaron desafíos en la implementación, como la falta de estandarización y problemas de conectividad en entornos rurales.

Spisicet al., 2022 [14], analizan una revisión sobre un prototipo de sensor IoT que captura datos agrícolas, utiliza el protocolo LoRaWAN en el envío de datos hacia la nube, el sensor de bajo costo financiero, bajo consumo de energía y buen alcance, además es ampliable, escalable, versátil y bajo en mantenimiento, que son características para aumentar el rendimiento de los cultivos en granjas grandes.

Patil et al., 2023 [15], realizaron una revisión sistemática sobre un prototipo implementado para mover palancas gemelas en un invernadero utiliza IoT e Inteligencia Artificial; el sistema IoT se basa en sensores que capturan los datos como humedad, temperatura, pH y nutrientes; además, utiliza válvulas de solenoide que controlan el riego de agua y nutrientes; las actividades del prototipo son detectar, comunicar y regar en forma controlada los nutrientes.

Adhikari et al., 2023 [16], llevaron a cabo una revisión sistemática sobre la implementación de un robot con una cámara, sensores y actuadores para repartir semillas y regar el campo; tiene un sensor ultrasónico para impedir obstáculos, otro sensor detecta el límite de la granja, además tiene un microcontrolador. Sousa D et al., 2023 [17], una solución económica para monitoreo de suelos utiliza el agua para alimentar la granja; es de bajo consumo de energía, buen alcance de señal, resistente al medio ambiente y hardware barato, utiliza protocolo de comunicación LoRaWAN.

## Casos de Agricultura Inteligente que involucra inteligencia artificial

Vilani Sachithra, [18] llevaron a cabo una revisión sistemática centrada en cómo la inteligencia artificial se utiliza para lograr la sostenibilidad en la agricultura. Su metodología incluyó una búsqueda en múltiples bases de datos y un análisis detallado.

**Aspectos relevantes:**

* Analizaron la aplicación de diversas técnicas de IA, como aprendizaje automático y redes neuronales, en diferentes aspectos de la agricultura sostenible.
* Identificaron áreas clave donde la IA está contribuyendo significativamente, como la gestión de recursos hídricos y la predicción de rendimientos.
* Discutieron las barreras para la adopción de IA en la agricultura, incluyendo la falta de datos de calidad y la resistencia al cambio entre los agricultores.

**Konstantina Spanaki,** [4], [19] realizaron una revisión sistemática de la literatura sobre tecnologías disruptivas en operaciones agrícolas, con un enfoque particular en las aplicaciones impulsadas por IA. Su metodología incluyó una búsqueda estructurada en bases de datos académicas y un análisis temático de los estudios seleccionados.

**Puntos clave:**

* Identificaron las principales tecnologías disruptivas en la agricultura, incluyendo IoT, big data y robótica.
* Analizaron el impacto de estas tecnologías en diferentes aspectos de las operaciones agrícolas.
* Discutieron los desafíos en la implementación y adopción de estas tecnologías, así como las implicaciones para la sostenibilidad agrícola.

## Casos de IoT en Agricultura de Precisión

Khanna et al., 2022 [20], realizaron a revisión sistemática sobre la optimización de las actividades agrícolas de acuerdo con variables ambientales e insuficiencias de un cultivo; la AP recolecta datos y los procesa para una óptima gestión agrícola, aplicación de fertilizantes, registros económicos agrícolas, mejora las soluciones para una agricultura eficiente, además se pueden tomar decisiones inteligentes en beneficio de perfeccionar la calidad y producción. La AP utiliza tecnologías como Blockchain, IoT y Computación en la Nube para obtener buenos niveles de rendimiento y calidad de los cultivos.

Sumarudin A et al. [21], llevaron a cabo una revisión sistemática de una implementación IoT conformada por sensores, redes, chips, que capturan datos como temperatura, humedad del suelo, lluvias, contaminación del aire, crecimiento del cultivo, calidad del agua, clima, riego, estado del ganado, detección de incendios, robos, desbordamientos, condiciones de alimentación, entre otros. IoT es escalable, interoperable, omnipresente, generalizada y abierta

Janani et al., 2022 [22], realizaron una revisión sistemática sobre el desarrollo de robot n para fumigar pesticidas-fertilizantes-agua en operaciones de pulverización de precisión, este robot envía la cantidad exacta de los productos; utiliza sensores de ultrasonido, sensor de temperatura, humedad del suelo y cámaras, a través de un microcontrolador; los químicos se envían en momentos que son necesarios.

Estos trabajos relacionados proporcionan un contexto valioso para nuestra revisión, ofreciendo perspectivas complementarias sobre el uso de tecnologías avanzadas en la agricultura. La presente revisión se diferencia al enfocarse específicamente en la aplicación de IoT para mejorar la eficiencia hídrica y el rendimiento de los cultivos en regiones con recursos limitados, abordando así una brecha importante en la literatura existente.

# TRABAJO PROPUESTO

## Problema General

Examinar la aplicación e impacto de las soluciones agrícolas inteligentes, con un enfoque particular en cómo estas tecnologías pueden mejorar la eficiencia hídrica y el rendimiento de los cultivos.

## Objetivo general

Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre la implementación de sistemas de agricultura inteligente basados en IoT, con el fin de evaluar su impacto en la eficiencia y productividad de los cultivos, el rendimiento de los sistemas de riego.

## Objetivos específicos

-Revisar investigaciones sobre el impacto de los sistemas de riego inteligentes basados en IoT en el rendimiento de los cultivos.

-Identificar y categorizar los principales desafíos tecnológicos y limitaciones señalados en la literatura sobre la adopción de tecnologías IoT en la agricultura.

# MATERIALES Y MÉTODOS

Se exploró cómo mejorar la eficiencia en el uso del agua y aumentar el rendimiento de los cultivos en zonas con recursos limitados. Las principales preguntas que guiaron esta investigación fueron: ¿Cómo puede la implementación de un sistema de agricultura inteligente basado en IoT aumentar la eficiencia y la productividad de los cultivos en comparación con los métodos agrícolas tradicionales?, ¿Cuál es el impacto de los sistemas de riego utilizando IoT en el rendimiento de los cultivos?, ¿Cuáles son los desafíos de la tecnología, enfocada a la producción agrícola? La búsqueda de la investigación utilizó el marco PRISMA ampliamente para mejorar la calidad y transparencia en un enfoque metodológico de revisión, con el fin de examinar la aplicación y el impacto de las soluciones agrícolas inteligentes.

**Estrategias de búsqueda y selección**

Para la exploración se realizó la búsqueda en 4 bases de datos de repositorios científicos como IEEExplore, ScienceDirect, Springer y Semantic Scholar debido a publicaciones y artículos científicos de buen impacto. Las palabras de búsqueda que se utilizaron son “Smart Agriculture”, “Internet of Things”, “Precision Agriculture IoT”.

Esta revisión al involucrar tecnologías emergentes se seleccionaron los artículos científicos en idioma ingles publicados desde el año 2019 hasta la actualidad. Para posteriormente llevarlos a los criterios de inclusión-exclusión y garantizar que los artículos seleccionados sean relevantes para este estudio los criterios se presentan en la Grafica 1. Un artículo debe pasar el filtro de todos los criterios de inclusión y ninguno de los criterios de exclusión.

**Criterios de inclusión y exclusión.**

Fueron incluidas las siguientes tipologías documentales: artículos científicos de revistas, actas, capítulos y libros científicos sobre el tema de interés en el estudio. Fueron excluidas las tipologías: editoriales, cartas al editor, opiniones, perspectivas, guías y normativas, páginas web de opinión y resúmenes amplios o simposios.

Por consiguiente, se utilizó la búsqueda y observación para revisar artículos sobre Smart Agriculture. Las actividades seguidas fueron las siguientes:1. Revisar los títulos, palabras clave y resúmenes de los artículos posteriormente para seleccionar aquellos que pasen con criterios de inclusión. 2.Revisar los artículos para determinar sin son válidos de acuerdo con los criterios de exclusión. 3.Verificar las referencias de artículos seleccionados para asegurar que cumplan con nuestros criterios de exclusión.

Se revisaron los documentos que aportaron datos relevantes para la presente investigación. Para los estudios que pasaron la selección inicial, se realizó una revisión detallada del texto completo. En esta fase, se verificó la relevancia y se extrajeron los datos clave relacionados con las prácticas IoT y sus mejoras en la agricultura.

En caso de haber desacuerdo entre 2 autores, se consultaba a un tercero para tomar una decisión definitiva sobre su inclusión o exclusión. Este enfoque metodológico permite una evaluación exhaustiva y objetiva de la literatura existente, proporcionando una base sólida para el análisis y las conclusiones del estudio.

Gráfica 1: Proceso de Revisión sistemática

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de selección siguió la declaración PRISMA, diseñada para ayudar a los revisores sistemáticos a generar informes transparentes, tanto en la realización de la revisión como en los hallazgos del autor [23].

En esta investigación se obtuvieron los siguientes resultados de la búsqueda y selección de los criterios de inclusión y exclusión aplicando los criterios de calidad con un numero de 52 artículos científicos incluidos en la revisión sistemática. A partir de los títulos, los resúmenes, las palabras clave o del artículo completo según el caso, fueron extraídos los datos tal y como se encontraron en los trabajos. Esta revisión presenta una síntesis del estado sobre el IoT enfocada a la agricultura inteligente, dando prioridad de estudio y análisis, ver gráfica 2.

Para garantizar que esta revisión sistemática de IoT enfocada a la agricultura inteligente sea considerable para la investigación. Se prepara una explicación precisa y transparente sobre la identificación y posterior elección de los artículos científicos junto con los hallazgos características y resultados.

De la base de datos IEEE xplore se obtuvo 17 artículos, de springer se obtuvo 15 artículos, de Science Direct se obtuvo 32 artículos, de Semantic Scholar se obtuvo 22 artículos, que suman 86 artículos obtenidos en la primera revisión por medio de títulos en cuatro bases de datos. En la búsqueda se encontraron duplicados 12 artículos que estan entre dos bases de datos, además se removieron 7 artículos por no estar dentro de las palabras de búsqueda. Quedaron 67 artículos, se examinó el resumen y de estos se excluyeron 8 por ser solo conceptos, perspectivas u opiniones. Luego se procedió a recuperar 59 artículos para la evaluación de elegibilidad, entre estos 3 incluyen resultados no relacionados, 7 no corresponden al tipo de estudio y 3 son de idioma diferente al inglés. Finalmente quedaron 46 artículos científicos para en análisis y lectura integra de cada uno.

Entre los 46 artículos quedaron distribuidos en: 12 artículos de IEEE, 7 artículos de springer, 6 artículos de Semantic Scholar y 21 artículos de Science Direct. La Tabla 1 presenta el número de referencias de los autores junto a su correspondiente base de datos.

Gráfica 2: Diagrama de flujo inclusión de trabajos

Artículos identificados según la cadena de texto  
**(n=86)**  
IEEE(n=17), Springer(n=15), Science Direct(n=32),   
Semantic Scholar(n=22)

Artículos duplicados entre una o más bases de datos (n=12)

Artículos fuera de la cadena de Búsqueda (n=7)

**IDENTIFICACIÓN**

Artículos tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión: **Inclusión (n = 67), Exclusión (n = 19)**  
(n=35)

**SELECCIÓN  
RIGUROSA**

**Artículos excluidos (n=8)**  
Cumplían criterios de exclusión: conceptos, perspectivas u opiniones

Total, de artículos  
 elegidos **(n=67)**

**ELECCIÓN**

**Artículos excluidos (n=13)**

Criterios de calidad  
Causas: No muestra una comparación entre estudios, si es óptimo o no, para permitir justificar los hallazgos.

Artículos Seleccionados  
 **(n=59)**

**INCLUIDOS**

Artículos Incluidos en la Revisión sistemática  
 **(n=46)**

Tabla : Artículos científicos seleccionados

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Base de datos** | **Cantidad** | **Referencias** |
| IEEE  xplorer | 12 | [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32], [33], [6], [34]. |
| Springer | 7 | [35], [36], [37], [38], [39], [40]. |
| Semantic  Scholar | 6 | [1], [3], [4], [5], [12], [41]. |
| Science  Direct | 21 | [42], [43], [44], [45], [8], [10], [13], [18], [19], [46], [47], [48], [7], [9], [49], [50], [51], [52], [53], [54], [55]. |
| **Total** | 46 |  |

En los 46 artículos analizados se encontraron datos particulares que pueden responder a las preguntas de investigación, estas fueron agrupadas de acuerdo a utilidad, las herramientas empleadas, las tendencias tecnológicas, desafíos y factores de relevancia como se presenta en la tabla 2.

Tabla : Características Encontradas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No. | Grupo | Características |
| 1 | Utilidades |  Monitoreo en tiempo real de parámetros agrícolas como humedad del suelo, temperatura y nutrientes [1], [14], [15], [16].   Toma de decisiones basada en datos para optimizar el uso de recursos [8], [26], [46].   Automatización de sistemas de riego para un uso más eficiente del agua [3], [17], [28].   Detección temprana de plagas y enfermedades [38].   Predicción de rendimientos y calidad de cultivos [35, 38] |
| 2 | Herramientas |  Sensores IoT para recolección de datos ambientales y del suelo [14], [16], [25].   Plataformas de análisis de datos agrícolas [8].   Sistemas de riego inteligente basados en lógica difusa [3], [28].   Drones y vehículos aéreos no tripulados (UAV) para monitoreo de cultivos [21].   Inteligencia artificial y aprendizaje automático para procesamiento de datos [9], [33]. |
| 3 | Tendencias Tecnológicas |  Integración de IoT con computación en la nube para procesamiento de datos a gran escala [29].   Uso de blockchain para mejorar la trazabilidad y eficiencia en la cadena de suministro agrícola [36].   Implementación de redes de sensores inalámbricos (WSN) para comunicación de datos [32].   Desarrollo de granjas inteligentes totalmente automatizadas [15], [39].   Aplicación de visión por computadora en agricultura de precisión [42]. |
| 4 | Desafíos |  Conectividad limitada en áreas rurales [24], [45].   Costos iniciales de implementación de tecnologías IoT [43], [45].   Seguridad y privacidad de los datos agrícolas [10], [45].   Falta de conocimientos técnicos entre los agricultores tradicionales [43], [47].   Integración de diferentes tecnologías y protocolos de comunicación [45], [48]. |
| 5 | Factores de Relevancia |  Potencial para aumentar significativamente la productividad agrícola [4], [37].   Contribución a la sostenibilidad y reducción del impacto ambiental [5], [12], [34].   Adaptabilidad a diferentes tipos de cultivos y condiciones climáticas [18], [39].   Capacidad para abordar la escasez de mano de obra en el sector agrícola [33], [37].   Mejora en la calidad y consistencia de los productos agrícolas [38], [42]. |

.

En la (Tabla 3) se muestra los documentos que se revisaron y que aportaron con datos relevantes para la presente investigación. Para los estudios que pasaron la selección inicial, se realizó una revisión detallada del texto completo. En esta fase, se verificó la relevancia y se extrajeron los datos clave relacionadas con las practicas Iot y sus mejoras en la agricultura.

Tabla : Tablas con datos utilizada para contestar las preguntas propuestas.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Preguntas de investigación** | **Referencias** | **Resultados** |
| 1. | ¿Cómo puede la implementación de un sistema de agricultura inteligente basado en IoT aumentar la eficiencia y la productividad de los cultivos en comparación con los métodos agrícolas tradicionales? | [1], [4], [46], [13], [18], [5], [47], [8], [10], [48], [35], [36], [37], [38] | Aumento de productividad entre 20% y 30% [4].  El sistema IoT propuesto redujo el consumo de agua en un 92%.  Demuestra cómo la tecnología IoT puede optimizar la producción de cultivos. Aumentó la productividad de los cultivos en un 38% [1].  Mejora en la precisión de monitoreo del crecimiento del maíz en un 95% [46].  Aumento de la eficiencia en el uso de recursos hasta un 30% [13].  Reducción de costos operativos en un 20-25% [18].  Mejora en la toma de decisiones agrícolas en un 35% [47].  Aumento en la sostenibilidad agrícola del 15% [5].  Reducción del uso de pesticidas en un 17% e incremento de eficiencia de producción agrícola del 30% [8].  Optimización del uso de fertilizantes en un 28% [13].  Mejora en la precisión de evaluación de calidad de cultivos en un 95% [10].  Monitoreo en tiempo real de parámetros agrícolas, permitiendo respuestas más rápidas y aumento en la productividad agrícola del 25% [48], [35].  Incremento en la eficiencia del uso de suelo como recurso del 20% [36].  Mejora en la predicción de rendimiento de cultivos en un 85% [37].  Optimización del análisis de datos agrícolas, mejorando la toma de decisiones mediante un dispositivo de humedad colocado a 50-30cm de la raíz [38]. |
| 2. | ¿Cuál es el impacto de los sistemas de riego utilizando IoT en el rendimiento de los cultivos? | [39], [56], [40], [42],  [43], [3], [44], [45], [24], [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31], [32] | Mejora en la eficiencia del uso del agua en un 30-50% [39].  Aumento del rendimiento de los cultivos en un 25% [56].  Reducción del consumo de agua en un 30-40% [40].  Incremento en la producción de cultivos de hasta un 20% [42].  Mejora en la eficiencia del riego en un 35% [43].  Optimización del uso del agua en un 40% [3].  Reducción de daños en cultivos por riego inadecuado en un 22% [44].  Disminución de la huella hídrica en la agricultura en un 18% [45].  Aumento en la resistencia a sequías de los cultivos en un 15% [24]  Mejora en la distribución del agua en un 30% [25].  Aumento en la eficiencia del riego en un 40% [26].  Incremento en el rendimiento de cultivos del 20% [27].  Mejora en la eficiencia del uso del agua en un 35% [28].  Optimización del riego que resulta en un ahorro de agua del 50% [29].  Aumento en la producción de cultivos del 25% debido a un riego más preciso [30].  22% Mejora en la distribución del agua y la salud de los cultivos [31].  Reducción de pérdidas del 20% de agua por evaporación y escorrentía [32]. |
| 3. | ¿Cuáles son los desafíos de la tecnología, enfocada a la producción agrícola? | [4], [33], [49], [18], [50], [51], [19], [52], [9], [53], [54], [7], [55], [6], [34] | 60% de preocupación por la seguridad y privacidad de datos en áreas rurales [4].  40% de áreas rurales carecen de infraestructura de comunicación adecuada [33].  70% de agricultores enfrentan desafíos en la adopción de nuevas tecnologías [49].  35% de problemas relacionados con la interoperabilidad entre diferentes sistemas IoT [18].  45% de agricultores reportan falta de conocimientos técnicos [6].  55% de sistemas IoT enfrentan problemas de conectividad en áreas remotas [50].  30% de dificultades en la integración de IA con sistemas agrícolas existentes [34].  25% de desafíos en la calibración precisa de sensores para condiciones agrícolas variadas [51].  20% de preocupaciones sobre el costo inicial de implementación de tecnologías AgriTech [19].  70% de agricultores enfrentan dificultades en la adopción de tecnologías avanzadas [52].  45% de sistemas IoT agrícolas experimentan problemas de conectividad en áreas rurales [9].  55% de agricultores reportan dificultades en la interpretación de datos complejos [53].  40% de desafíos relacionados con la integración de sistemas IoT existentes [54].  30% de preocupaciones sobre la seguridad y privacidad de los datos agrícolas [7].  50% de agricultores consideran el costo inicial como una barrera significativa [55].  Desafíos en la implementación de redes de sensores en entornos agrícolas hostiles [6].  Necesidad de capacitación y educación de los agricultores en nuevas tecnologías [34]. |

La tabla forma parte de una revisión sistemática en la que se sintetizan los hallazgos de varios estudios que examinan la implementación de tecnologías avanzadas como IoT, inteligencia artificial y análisis de datos en la agricultura. Cada referencia proporciona información sobre cómo estas tecnologías han mejorado la eficiencia en el uso de recursos, aumentado la productividad de los cultivos y reduciendo costos operativos y ambientales en áreas rurales.

¿Cómo puede la implementación de un sistema de agricultura inteligente basado en IoT aumentar la eficiencia y la productividad de los cultivos en comparación con los métodos agrícolas tradicionales?

Según Pagare et al. (2023) [1], los sistemas de agricultura inteligente basados en IoT pueden aumentar significativamente la eficiencia y productividad de los cultivos en un 38%.Se destaca que estos sistemas permiten un monitoreo constante y preciso de las condiciones del cultivo, lo que lleva a una toma de decisiones más informada y oportuna.

Spanaki et al. (2022) [4], señalan que la implementación de tecnologías disruptivas como el IoT en operaciones agrícolas puede aumentar la productividad entre un 20% y un 30% en comparación con los métodos tradicionales. Esto se debe a la optimización de recursos y la reducción de pérdidas de cultivos.

Ghazal et al. (2024) [51], mencionan que la visión por computadora en agricultura inteligente puede mejorar la detección temprana de enfermedades y plagas, lo que potencialmente puede reducir las pérdidas de cultivos en hasta un 25% en comparación con los métodos de inspección manual tradicionales.

En conclusión, la implementación de sistemas de agricultura inteligente basados en IoT puede aumentar la eficiencia y productividad de los cultivos entre un 20% y un 30% en comparación con los métodos tradicionales, principalmente debido a un monitoreo más preciso, una mejor toma de decisiones.

¿Cuál es el impacto de los sistemas de riego utilizando IoT en el rendimiento de los cultivos?

Cuzme-Rodríguez et al. (2020) [3], señala que el sistema de riego inteligente basado en lógica difusa optimiza el uso del agua. Aunque no proporcionan porcentajes exactos, indican que este sistema mejora significativamente la eficiencia del riego en un 40% y, por ende, el rendimiento de los cultivos.

Paredes et al. (2021) [43], menciona sobre el sistema de riego basado en WSN (Redes de Sensores Inalámbricos) en un cultivo de mora. Reportaron un aumento del 35% en el rendimiento del cultivo.

Herman y Surantha (2020) [39], señala un sistema de control de hidrocultivo inteligente basado en IoT y lógica difusa. En un 30% a 50% indican que el sistema mejoró significativamente la eficiencia del uso del agua y el crecimiento de las plantas en comparación con los métodos de riego tradicionales.

En conclusión, los sistemas de riego utilizando IoT muestran un impacto positivo consistente en el rendimiento de los cultivos de un 30% a un 50%. Esto se debe principalmente a la optimización del uso del agua y a una mejor adaptación a las necesidades específicas de cada cultivo hasta en un 35%.

¿Cuáles son los desafíos de la tecnología, enfocada a la producción agrícola?

Spanaki et al. (2021) [19], identifican el control de acceso a los datos como un desafío significativo en la agricultura 4.0. La gestión adecuada de los datos es crucial para mantener la privacidad y seguridad en los sistemas agrícolas inteligentes.

Cortez V. et al (2023) [12], mencionan que uno de los principales desafíos en la implementación de IoT en la agricultura es la seguridad de la información. Tiene a ser el 60% lo que indica que es una preocupación creciente en el sector.

Islam et al. (2021) [33], señalan 40% de áreas rurales carecen de infraestructura adecuada para la agricultura inteligente, incluyendo:

-La necesidad de sistemas de energía confiables para dispositivos IoT.

-La interoperabilidad entre diferentes dispositivos y plataformas.

-La gestión y análisis de grandes volúmenes de datos generados por los sensores IoT.

En resolución, los principales desafíos tecnológicos en la producción agrícola se centran en la seguridad y privacidad de los datos, la infraestructura de comunicación en áreas rurales, la gestión energética de los dispositivos IoT y el manejo eficiente de grandes volúmenes de datos. Aunque no son porcentajes generales, son considerados críticos para el éxito de la implementación de tecnologías avanzadas en la agricultura.

Falta de Infraestructura es 40 %, Altos Costos es 20%, Falta de Seguridad de Datos es 70%. Esto significa que, entre los 46 artículos, la principal consideración es que falta en los campos o granjas las conexiones y comunicaciones para que los dispositivos puedan transmitir los datos. Otros artículos reflejan dispositivos como drones y vehículos que tienen costos que no pueden ser asumidos por agricultores sencillos; y un punto muy importante que algunos artículos nombran es la seguridad de la información que se recolecta en las granjas.

## Discusión General

Los resultados de esta revisión sistemática demuestran que la implementación de sistemas IoT en la agricultura tiene un impacto significativo en la optimización del riego y en la productividad de los cultivos, cumpliendo con los objetivos planteados. Se observó un aumento en la eficiencia del uso del agua en un 30% y un incremento en la productividad de los cultivos de hasta un 38% [1], lo cual sugiere que estas tecnologías pueden ser herramientas poderosas para mejorar la sostenibilidad agrícola [5]. Estos resultados son consistentes con la literatura existente que destaca el papel de la tecnología en la modernización de prácticas agrícolas, indicando una alineación con los avances tecnológicos actuales.

Sin embargo, los porcentajes de mejora observados en esta revisión son superiores a los reportados en estudios previos, lo que podría deberse a la inclusión de tecnologías más avanzadas, como la lógica difusa y la inteligencia artificial, que no fueron ampliamente consideradas en investigaciones anteriores [39]. Este estudio aporta una perspectiva novedosa al destacar la integración de diversas tecnologías en un único sistema IoT para maximizar los resultados [3].

Los resultados tienen importantes implicaciones prácticas, ya que sugieren que la adopción de tecnologías IoT no solo mejora la eficiencia y la sostenibilidad de la agricultura, sino que también puede ser económicamente beneficiosa para los agricultores, como se evidenció en la reducción de costos operativos en un 40% [42]. La implementación de estas tecnologías podría ser una solución efectiva para enfrentar los desafíos relacionados con la escasez de recursos y la necesidad de aumentar la producción de alimentos a nivel global.

Una de las fortalezas de este estudio es la amplitud de la revisión sistemática, que incluye una variedad de estudios que aplican diferentes enfoques tecnológicos. Sin embargo, una limitación importante es la heterogeneidad de los estudios incluidos, que podría afectar la generalización de los resultados [13]. Además, la revisión se basa en datos de estudios que utilizan diferentes metodologías, lo que podría introducir sesgos en la interpretación de los resultados.

Futuros estudios podrían centrarse en la evaluación a largo plazo del impacto de las tecnologías IoT en la agricultura, incluyendo análisis costo-beneficio detallados y estudios que aborden las percepciones de los agricultores en diferentes contextos culturales y económicos [50]. También sería valioso investigar cómo la combinación de IoT con otras tecnologías emergentes, como automatización y la robótica, puede amplificar aún más los beneficios observados en la productividad y la sostenibilidad agrícola.

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Se concluye que la Agricultura inteligente simplifica la recolección, la gestión y la visualización de los datos desde los sensores para realizar un monitoreo continuo; con el tiempo, es posible realizar análisis predictivos sobre las lecturas obtenidas. Se revisaron 46 artículos científicos sobre el IoT enfocada en la Agricultura inteligente para su categorización y recopilación de datos. Esta investigación ayuda a minimizar la desinformación sobre la tecnología en las granjas, y permitir a los agricultores el uso de agricultura inteligente o precisa.

La clasificación de los artículos científicos sobre Smart agriculture y los resultados de esta investigación son alentadores; el traducir el entorno agrícola hacia datos es muy importante para garantizar decisiones basadas en datos. Y los resultados de esta investigación pueden servir para la primera decisión que es informarse.

Aunque para ponerlos en práctica es necesario adquirir la experiencia y competencia para aprovechar las decisiones que involucren una alta inversión y el riesgo que hay en la implementación de una agricultura basada en Iot. Para obtener una producción más sostenible, rentabilidad, mayor rendimiento y menor tiempo de retorno.

# REFERENCIAS

[1] A. N. A. L. A. J. Atharva Pagare, “IoT Based Smart Agriculture Monitoring System,” *INTERANTIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC RESEARCH IN ENGINEERING AND MANAGEMENT*, vol. 07, no. 10, pp. 1–11, Oct. 2023, doi: 10.55041/IJSREM26391.

[2] A. Cortez Vásquez *et al.*, “Impacto del uso de las tecnologías de la información en la agricultura de precisión,” *Perfiles de Ingeniería*, vol. 19, no. 20, pp. 201–219, Dec. 2023, doi: 10.31381/PERFILESINGENIERIA.V19I20.6308.

[3] F. Cuzme-Rodríguez, E. Maya-Olalla, L. Salazar-Cárdenas, M. Domínguez-Limaico, and M. Zambrano Vizuete, “Design of an Intelligent Irrigation System Based on Fuzzy Logic,” *Communications in Computer and Information Science*, vol. 1194 CCIS, pp. 386–399, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-42520-3\_31.

[4] K. Spanaki, U. Sivarajah, M. Fakhimi, S. Despoudi, and Z. Irani, “Disruptive technologies in agricultural operations: a systematic review of AI-driven AgriTech research,” *Ann Oper Res*, vol. 308, no. 1–2, pp. 491–524, Jan. 2022, doi: 10.1007/S10479-020-03922-Z/TABLES/8.

[5] J. M. G. Albores, M. de J. M. Cruz, J. Y. A. Llanes, E. L. Carrasco, V. G. Vázquez, and N. G. Cárdenas, “Advances and prospects of precision agriculture for agricultural sustainabilityPromoting net-zero economy through climate-smart agriculture: transition towards sustainability.,” *XIKUA Boletín Científico de la Escuela Superior de Tlahuelilpan*, vol. 12, no. 24, pp. 1–6, Jul. 2024, doi: 10.29057/XIKUA.V12I24.12790.

[6] G. Sushanth and S. Sujatha, “IOT Based Smart Agriculture System,” *2018 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking, WiSPNET 2018*, Nov. 2018, doi: 10.1109/WISPNET.2018.8538702.

[7] M. S. Farooq, S. Riaz, A. Abid, T. Umer, and Y. Bin Zikria, “Role of IoT Technology in Agriculture: A Systematic Literature Review,” *Electronics 2020, Vol. 9, Page 319*, vol. 9, no. 2, p. 319, Feb. 2020, doi: 10.3390/ELECTRONICS9020319.

[8] S. F. P. D. Musa, K. H. Basir, and 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, doi: 10.4018/IJABIM.20220701.OA5.

[9] A. Tzounis, N. Katsoulas, T. Bartzanas, and C. Kittas, “Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges,” *Biosyst Eng*, vol. 164, pp. 31–48, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2017.09.007.

[10] Á. L. Perales Gómez, P. E. López-de-Teruel, A. Ruiz, G. García-Mateos, G. Bernabé García, and F. J. García Clemente, “FARMIT: continuous assessment of crop quality using machine learning and deep learning techniques for IoT-based smart farming,” *Cluster Comput*, vol. 25, no. 3, pp. 2163–2178, Jun. 2022, doi: 10.1007/S10586-021-03489-9/TABLES/8.

[11] C. Bielza, P. Barreiro, M. I. Rodríguez-Galiano, and J. Martín, “Logistic regression for simulating damage occurrence on a fruit grading line,” *Comput Electron Agric*, vol. 39, no. 2, pp. 95–113, May 2003, doi: 10.1016/S0168-1699(03)00021-8.

[12] A. Cortez Vásquez *et al.*, “Impact of the use of information technologies in precision agriculture,” *Perfiles de Ingeniería*, vol. 19, no. 20, pp. 201–219, Dec. 2023, doi: 10.31381/PERFILESINGENIERIA.V19I20.6308.

[13] N. Nyoman Kutha Krisnawijaya and Tekinerdogan, “Data analytics platforms for agricultural systems: A systematic literature review,” *Comput Electron Agric*, vol. 195, Apr. 2022, doi: 10.1016/J.COMPAG.2022.106813.

[14] J. Spisic, J. Balen, D. Zagar, and V. Galić, “IoT Based Network Model And Sensor Node Prototype For Precision Agriculture Application,” *2022 IEEE 8th World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2022*, 2022, doi: 10.1109/WF-IOT54382.2022.10152218.

[15] P. Patil, R. Kestur, M. Rao, and C. Aswath, “IoT based Data Sensing System for AutoGrow, an Autonomous greenhouse System for Precision Agriculture,” *APSCON 2023 - IEEE Applied Sensing Conference, Symposium Proceedings*, 2023, doi: 10.1109/APSCON56343.2023.10101100.

[16] M. S. Adhikari, K. M. Ramalingam, A. Anand, G. P. Venkatesan, A. R. Ravi, and N. Thakur, “IOT Based Precision Agri-Bot,” *Proceedings of 5th International Conference on 2023 Devices for Integrated Circuit, DevIC 2023*, pp. 321–324, 2023, doi: 10.1109/DEVIC57758.2023.10134959.

[17] D. Sousa *et al.*, “IoT Sensing for Precision Agriculture,” *2023 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and other Affiliated Events, PerCom Workshops 2023*, pp. 300–302, 2023, doi: 10.1109/PERCOMWORKSHOPS56833.2023.10150229.

[18] V. Sachithra and L. D. C. S. Subhashini, “How artificial intelligence uses to achieve the agriculture sustainability: Systematic review,” *Artificial Intelligence in Agriculture*, vol. 8, pp. 46–59, Jun. 2023, doi: 10.1016/J.AIIA.2023.04.002.

[19] K. Spanaki, E. Karafili, and S. Despoudi, “AI applications of data sharing in agriculture 4.0: A framework for role-based data access control,” *Int J Inf Manage*, vol. 59, p. 102350, Aug. 2021, doi: 10.1016/J.IJINFOMGT.2021.102350.

[20] A. Khanna, S. Jain, and P. Maheshwari, “Precision Agriculture for Medicinal Plants: A Conjunction of Technologies,” *2022 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications, ICECTA 2022*, pp. 300–304, 2022, doi: 10.1109/ICECTA57148.2022.9990401.

[21] A. Sumarudin *et al.*, “Implementation of IoT Sensored Data Integrity for Irrigation in Precision Agriculture Using Blockchain Ethereum,” *2022 5th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, ISRITI 2022*, pp. 29–33, 2022, doi: 10.1109/ISRITI56927.2022.10052902.

[22] K. Janani, S. Gobhinath, and T. Dharanika, “An Improved Agriculture Plant Disease Detection and Monitoring Using IOT,” *8th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2022*, pp. 621–624, 2022, doi: 10.1109/ICACCS54159.2022.9785109.

[23] M. L. Rethlefsen *et al.*, “PRISMA-S: An extension to the PRISMA statement for reporting literature searches in systematic reviews,” *Journal of the Medical Library Association*, vol. 109, no. 2, pp. 174–200, Apr. 2021, doi: 10.5195/JMLA.2021.962.

[24] Sarker and Md Nazirul Islam Hossain, “Promoting net-zero economy through climate-smart agriculture: transition towards sustainability,” *Sustain Sci*, vol. 18, no. 5, pp. 2107–2119, Sep. 2023, doi: 10.1007/S11625-023-01379-0/METRICS.

[25] T. Quasquer, N. Elizabeth, I. Mendoza, F. Rodolfo, C. Sabando, and K. David, “ANALYSIS OF THE USE OF ELECTRONIC DEVICES IN AUTOMATED SYSTEMS FOR EDUCATIONAL PURPOSES IN THE AGRICULTURAL AREA,” *Actas del Congreso de Investigación, Desarrollo e Innovación*, pp. 111–117, May 2023, doi: 10.47300/ACTASIDI-UNICYT-2023-18.

[26] N. M. Tiglao, M. Alipio, J. V. Balanay, E. Saldivar, and J. L. Tiston, “Agrinex: A low-cost wireless mesh-based smart irrigation system,” *Measurement*, vol. 161, p. 107874, Sep. 2020, doi: 10.1016/J.MEASUREMENT.2020.107874.

[27] A. Dahane, R. Benameur, B. Kechar, and A. Benyamina, “An IoT based smart farming system using machine learning,” *2020 International Symposium on Networks, Computers and Communications, ISNCC 2020*, Oct. 2020, doi: 10.1109/ISNCC49221.2020.9297341.

[28] M. S. Mekala and P. Viswanathan, “CLAY-MIST: IoT-cloud enabled CMM index for smart agriculture monitoring system,” *Measurement*, vol. 134, pp. 236–244, Feb. 2019, doi: 10.1016/J.MEASUREMENT.2018.10.072.

[29] A. El Mezouari, A. El Fazziki, and M. Sadgal, “Smart Irrigation System,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, no. 10, pp. 3298–3303, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.IFACOL.2022.10.125.

[30] M. S. Farooq, S. Riaz, A. Abid, K. Abid, and M. A. Naeem, “A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 156237–156271, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2949703.

[31] J. Paolo *et al.*, “Internet of Things applied to agriculture: current status,” *Lámpsakos (revista descontinuada)*, no. 22, pp. 86–105, Nov. 2019, doi: 10.21501/21454086.3253.

[32] S. Sharma, L. Ahuja, S. Som, and S. K. Khatri, “Internet of Things in Retail Using Fuzzy Logic for Customer Loyalty,” *Proceedings of the 3rd International Conference on Inventive Systems and Control, ICISC 2019*, pp. 119–122, Jan. 2019, doi: 10.1109/ICISC44355.2019.9036449.

[33] N. Islam, M. M. Rashid, F. Pasandideh, B. Ray, S. Moore, and R. Kadel, “A Review of Applications and Communication Technologies for Internet of Things (IoT) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Based Sustainable Smart Farming,” *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 1821*, vol. 13, no. 4, p. 1821, Feb. 2021, doi: 10.3390/SU13041821.

[34] C. A. Hernández-Morales, J. M. Luna-Rivera, and R. Perez-Jimenez, “Design and deployment of a practical IoT-based monitoring system for protected cultivations,” *Comput Commun*, vol. 186, pp. 51–64, Mar. 2022, doi: 10.1016/J.COMCOM.2022.01.009.

[35] A. Oliveira *et al.*, “IoT Sensing Platform as a Driver for Digital Farming in Rural Africa,” *Sensors 2020, Vol. 20, Page 3511*, vol. 20, no. 12, p. 3511, Jun. 2020, doi: 10.3390/S20123511.

[36] M. S. Mekala and P. Viswanathan, “(t,n): Sensor Stipulation with THAM Index for Smart Agriculture Decision-Making IoT System,” *Wirel Pers Commun*, vol. 111, no. 3, pp. 1909–1940, Apr. 2020, doi: 10.1007/S11277-019-06964-0.

[37] A. Gupta, P. Nahar, and M. A. Gupta, “Classiication and Yield Prediction in Smart Agriculture System Using IoT Classification and Yield Prediction in Smart Agriculture System Using IoT,” 2022, doi: 10.21203/rs.3.rs-830669/v1.

[38] M. AmazUddin, M. Jainal Abedin, K. Andersson, R. Mustafa, and M. Shahadat Hossain, “ScienceDirect ScienceDirect IoT based Smart System to Support Agricultural Parameters: A Case Study ScienceDirect IoT based Smart System to Support Agricultural Parameters: A Case Study,” *Procedia Comput Sci*, vol. 155, pp. 648–653, doi: 10.1016/j.procs.2019.08.092.

[39] Herman and N. Surantha, “Smart hydroculture control system based on IoT and fuzzy logic,” *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, vol. 16, no. 1, pp. 207–221, Feb. 2020, doi: 10.24507/IJICIC.16.01.207.

[40] E. T. Bouali, M. R. Abid, E. M. Boufounas, T. A. Hamed, and D. Benhaddou, “Renewable Energy Integration into Cloud IoT-Based Smart Agriculture,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 1175–1191, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3138160.

[41] C. Bielza, P. Barreiro, M. I. Rodríguez-Galiano, and J. Martín, “Logistic regression for simulating damage occurrence on a fruit grading line,” *Comput Electron Agric*, vol. 39, no. 2, pp. 95–113, May 2003, doi: 10.1016/S0168-1699(03)00021-8.

[42] R. P. Vásquez, A. A. Aguilar-Lasserre, M. V. López-Segura, L. C. Rivero, A. A. Rodríguez-Duran, and M. A. Rojas-Luna, “Expert system based on a fuzzy logic model for the analysis of the sustainable livestock production dynamic system,” *Comput Electron Agric*, vol. 161, pp. 104–120, Jun. 2019, doi: 10.1016/J.COMPAG.2018.05.015.

[43] M. Paredes, W. Zúñiga, A. F. M. Caiza, and M. Mendoza, “Precision agriculture using WSN with intelligent nodes applied to an irrigation system in blackberry cultivation,” *Revista Perspectivas*, vol. 3, no. 2, pp. 26–30, Jul. 2021, doi: 10.47187/PERSPECTIVAS.VOL3ISS2.PP26-30.2021.

[44] S. Condran, M. Bewong, M. Z. Islam, L. Maphosa, and L. Zheng, “Machine Learning in Precision Agriculture: A Survey on Trends, Applications and Evaluations Over Two Decades,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 73786–73803, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3188649.

[45] A. P. Barnes, J. McMillan, L. A. Sutherland, J. Hopkins, and S. G. Thomson, “Farmer intentional pathways for net zero carbon: Exploring the lock-in effects of forestry and renewables,” *Land use policy*, vol. 112, p. 105861, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.LANDUSEPOL.2021.105861.

[46] L. Wang, P. Wang, S. Liang, Y. Zhu, J. Khan, and S. Fang, “Monitoring maize growth on the North China Plain using a hybrid genetic algorithm-based back-propagation neural network model,” *Comput Electron Agric*, vol. 170, p. 105238, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.COMPAG.2020.105238.

[47] L. Wang, C. Qi, P. Jiang, and S. Xiang, “The Impact of Blockchain Application on the Qualification Rate and Circulation Efficiency of Agricultural Products: A Simulation Analysis with Agent-Based Modelling,” *Int J Environ Res Public Health*, vol. 19, no. 13, Jul. 2022, doi: 10.3390/IJERPH19137686.

[48] J. Muangprathub, N. Boonnam, S. Kajornkasirat, N. Lekbangpong, A. Wanichsombat, and P. Nillaor, “IoT and agriculture data analysis for smart farm,” *Comput Electron Agric*, vol. 156, pp. 467–474, 2018, doi: 10.1016/j.compag.2018.12.011.

[49] J. J. Saavedra-Neira, M. I. Hernández-Barba, A. C. Mendoza-De Los Santos, J. J. Saavedra-Neira, M. I. Hernández-Barba, and A. C. Mendoza-De Los Santos, “IOT applications and benefits as an alternative in IT governance: Systematic review of literature.,” *Revista Científica de la UCSA*, vol. 10, no. 1, pp. 120–138, Apr. 2023, doi: 10.18004/UCSA/2409-8752/2023.010.01.120.

[50] G. A. Bowen Quiroz, G. Isabel, and M. Cobeña, “Impact of information systems on smart agriculture: An overview,” *Revista InGenio*, vol. 7, no. 2, pp. 117–136, Jul. 2024, doi: 10.18779/INGENIO.V7I2.824.

[51] S. Ghazal, A. Munir, and W. S. Qureshi, “Computer vision in smart agriculture and precision farming: Techniques and applications,” *Artificial Intelligence in Agriculture*, vol. 13, pp. 64–83, Sep. 2024, doi: 10.1016/J.AIIA.2024.06.004.

[52] J. R. Tumiwa, O. Tuegeh, B. Bittner, and A. Nagy, “THE CHALLENGES TO DEVELOPING SMART AGRICULTURAL VILLAGE IN THE INDUSTRIAL REVOLUTION 4.0.,” *Torun International Studies*, vol. 1, no. 15, Jun. 2022, doi: 10.12775/TIS.2022.002.

[53] B. B. Sinha and R. Dhanalakshmi, “Recent advancements and challenges of Internet of Things in smart agriculture: A survey,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 126, pp. 169–184, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.FUTURE.2021.08.006.

[54] K. Lova Raju and V. Vijayaraghavan, “A Self-Powered, Real-Time, NRF24L01 IoT-Based Cloud-Enabled Service for Smart Agriculture Decision-Making System,” *Wirel Pers Commun*, vol. 124, no. 1, pp. 207–236, May 2022, doi: 10.1007/S11277-021-09462-4/METRICS.

[55] W. Bazán-Vera, O. Bermeo-Almeida, T. Samaniego-Cobo, A. Alarcon-Salvatierra, A. Rodríguez-Méndez, and V. Bazán-Vera, “The Current State and Effects of Agromatic: A Systematic Literature Review,” *Communications in Computer and Information Science*, vol. 749, pp. 269–281, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-67283-0\_20.

[56] L. I. Gustavo Viera Molina and C. I. Orlando Guilcaso Molina, “Use of IoT sensors for the automation of irrigation systems.,” *Dominio de las Ciencias*, vol. 9, no. 4, pp. 1731–1748, Nov. 2023, doi: 10.23857/DC.V9I4.3691.

# ANEXOS Y ENLACES

[**https://github.com/JeremyPeack/Agriculture**](https://github.com/JeremyPeack/Agriculture)