



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN**

**Revisión sistemática de literatura sobre el internet de las cosas enfocada a
la agricultura de precisión**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Ciencias de la Computación

AUTOR: Ronny Adrian Yopez Teran

TUTOR: Joe Frand Llerena Izquierdo, Ing., Msc.

Guayaquil – Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Ronny Adrian Yopez Teran con documento de identificación N° 0950977025 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 15 de enero del año 2024

Atentamente,

Ronny Yépez T.

Ronny Adrian Yopez Teran
0950977025

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Ronny Adrian Yopez Teran con documento de identificación N° 0950977025, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Artículo Académico: **“Revisión sistemática de literatura sobre el internet de las cosas enfocada a la agricultura de precisión”**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Ciencias de la Computación, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de enero del año 2024

Atentamente,

Ronny Yépez T.

Ronny Adrian Yopez Teran

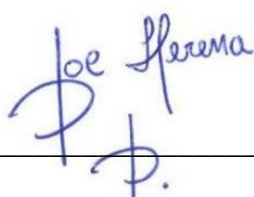
0950977025

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **Revisión sistemática de literatura sobre el internet de las cosas enfocada a la agricultura de precisión**, realizado por **Ronny Adrian Yopez Teran** con documento de identificación N° **0950977025**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 15 de enero del año 2024

Atentamente,



Joe Frand Llerena Izquierdo

0914884879

DEDICATORIA

Hoy es uno de esos días que nunca olvidaré: me gradué como profesional. Este logro no sólo me pertenece a mí, sino también a todas las personas que me quieren y apoyan en el camino: mi familia y amigos.

Agradezco a mi familia por su amor incondicional, confianza y paciencia. Gracias por estar siempre ahí para mí, animarme y creer en mí. Son lo mejor que me ha pasado y la razón de mi existencia. Nada de esto sería posible sin ellos. Ellos son mi fuerza y motivación. Gracias por ser un modelo a seguir en mi vida, enseñarme a perseguir mis metas y hacerme feliz. Son mi tesoro y mi orgullo.

A mis amigos, les agradezco su verdadera amistad, alegría y solidaridad. Gracias por compartir tantos momentos increíbles conmigo y hacer de mi vida una maravillosa aventura. Gracias por ser mi apoyo incondicional. Este logro se lo dedico a todos ustedes. Son parte de mi historia y de mi felicidad.

AGRADECIMIENTO

No sé cómo agradecer a todos los que hicieron posible este sueño. Pero intentaré decirles cuánto los amo y admiro. Gracias a mis padres Jennifer y Carlos, a mi hermano Geancarlos por su apoyo, mis mentores y mis modelos a seguir. Gracias por darme todo, gracias por educarme, gracias por darme lo mejor. Les quiero con todo mi corazón. Gracias por ser un modelo a seguir en mi vida, enseñarme a perseguir mis metas y hacerme feliz. Son mi tesoro y mi orgullo. Gracias por ser mi luz, mi guía, mi bendición. Son mi inspiración y mi sueño.

Gracias a la Universidad Politécnica Salesiana y a sus profesores por su experiencia y dedicación. Gracias por darme la oportunidad de ser un profesional competente y responsable. Gracias por abrirme la puerta al conocimiento y al futuro. Gracias por ser mi segundo hogar y mi familia académica. Gracias por ser mi guía y mentor.

Gracias a mis amigos del colegio por su verdadera amistad, alegría y solidaridad. Gracias por estar conmigo en este viaje, gracias por apoyarme y gracias por celebrar conmigo. Ellos son mi familia también.

Gracias a mi tutor Ing. Msc. Joe Frand Llerena Izquierdo por su dedicación, generosidad y profesionalismo. Gracias por confiar en mí, desafiarme y valorarme. Es un honor recibir tus consejos. Gracias por ser mi maestro. Gracias a todos por todo lo que habéis hecho por mí.

RESUMEN

La Agricultura de Precisión posibilita un entorno integrado para mitigar los problemas que afectan a la Cosecha, Producción y Almacenamiento Postcosecha. El problema principal de este estudio es la identificación de literatura científica sobre el IoT enfocada a la Agricultura de Precisión para conocer la situación de esta tecnología en esta área específica. La justificación de esta investigación es dar a conocer ciertas características de la tecnología IoT en el entorno Agricultura de Precisión. El objetivo general es determinar las tendencias tecnológicas sobre el internet de las cosas enfocada a la agricultura de precisión mediante una revisión sistemática de literatura. En la metodología se utiliza la Revisión Sistemática de la Literatura en tres etapas Diseñar la revisión, Realizar la revisión e Informar la revisión. Se obtuvieron 42 artículos distribuidos en IEEE, ACM y Science Direct. Las Tendencias Tecnológicas halladas son Big Data, Inteligencia Artificial, Blockchain, Nanomateriales, Mapas, Uso de drones, Conectividad, Monitoreo de rendimiento y Trazabilidad. Los factores hallados son Ecológicos, Comportamiento, Institucionales, Informativos, Técnicos, Percepción y Adopción. Este documento detalla los porcentajes y cantidades de las características halladas en los 42 artículos científicos que fueron seleccionados.

Palabras claves: Internet de las Cosas, Agricultura de Precisión, Tendencias tecnológicas, Factores de incidencia.

ABSTRACT

Precision Agriculture enables an integrated environment to mitigate the problems that affect Harvesting, Production and Post-Harvest Storage. The main problem of this study is the identification of scientific literature on IoT focused on Precision Agriculture to know the situation of this technology in this specific area. The justification of this research is to publicize certain characteristics of IoT technology in the Precision Agriculture environment. The general objective is to determine the technological trends on the Internet of Things focused on precision agriculture through a systematic literature review. The methodology uses the Systematic Review of the Literature in three stages: Design the review, Conduct the review, and Report the review. A total of 42 articles were obtained from IEEE, ACM and Science Direct. The Technological Trends found are Big Data, Artificial Intelligence, Blockchain, Nanomaterials, Maps, Use of drones, Connectivity, Performance Monitoring and Traceability. The factors found are Ecological, Behavioral, Institutional, Informative, Technical, Perception and Adoption. This document details the percentages and quantities of the characteristics found in the 42 scientific articles that were selected.

Key words: Internet of Things, Precision Agriculture, Technology Trends, Impact Factors.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA	14
2.1. Agricultura de Precisión (AP)	14
2.2. Internet de las Cosas (IoT)	14
2.3. Casos de IoT en la Agricultura de Precisión	14
2.4. Otras tecnologías en la Agricultura de Precisión	15
3. METODOLOGÍA	16
4. RESULTADOS.....	18
5. DISCUSIÓN	30
6. CONCLUSIÓN.....	31
REFERENCIAS	32

1. INTRODUCCIÓN

En varios países del mundo, la agricultura ayuda en generar alimentos, generar empleo y forma parte del PIB general; hoy la agricultura esta formalizada, mantiene crecimiento económico y es industrializada. Hay factores que buscan optimizar la agricultura como: las prácticas rudimentarias, conocimiento incorrecto sobre tipos de suelo, las necesidades de estiércol, malas características de los cultivos, situaciones climáticas impredecibles, anomalías en las prácticas de riego, enfermedades del cultivo, existencia de roedores, malos rendimientos, baja calidad de los cultivos, cosechas perdidas, insuficiencia de alimentos. Estos desafíos se pueden mitigar con la agricultura de precisión (Acero Carrión, 2022; Khanna et al., 2022).

La agricultura es un medio de vida para todas personas por la fuente de cereales y otros nutrientes, además genera empleo, aumenta la situación financiera; pero los agricultores aun utilizan métodos tradicionales que provocan baja producción y carestía de frutas y verduras. Otros problemas latentes en la agricultura son: factores ecológicos, ataque de plagas, ataque de insectos, ataques de aves, robo de cosecha, problemas de almacenamiento de cultivos (Guzmán García & López Idrovo, 2023; Pyingkodi, Thenmozhi, Nanthini, et al., 2022).

Son pocos los agricultores que utilizan tecnologías innovadoras, y sin una reestructuración del panorama agrícola es difícil disminuir los insumos, no hay mayor calidad ni alcanzar una agricultura sostenible; los procesos agrícolas convencionales mantienen alto consumo de agua, fertilizantes, pesticidas, estiércol inorgánico y otros que causan daños ambientales con alteraciones ambientales. Estas formas no adecuadas, disminuyen el comercio rentable, la conservación-preservación del suelo, no existe ninguna gestión agrícola de datos, ni evaluación, ni conocimiento sobre las fluctuaciones del campo. Se puede brindar al agricultor la capacidad de detectar el área del campo que necesita cualquier atención o cuidado, además de elegir la mejor combinación de insumos que debe utilizar; aquí la Agricultura de Precisión (AP) ayuda a disminuir los errores o dependencias o daños al medio ambiente. Aunque puede que no exista infraestructura u obstáculos para adoptar la AP. Su aplicación o implementación puede ser compleja, se debe estar familiarizado con conceptos como: la recolección de datos, sensores inteligentes, vehículos autónomos, imágenes satelitales y otros. Otro posible inconveniente es la aversión al cambio, posibles peligros y riesgos al utilizar una nueva tecnología, susceptibilidad o cambios en comportamientos específicos (Arjune & Kumar, 2023; Cruz Calero, 2022; Escalante Quimis, 2021)

Para obtener buenos niveles de rendimiento y calidad de los cultivos, la AP utiliza tecnologías como Blockchain, Internet of Things (IoT), Inteligencia Artificial, Computación en la Nube (Khanna et al., 2022; Melendrez-Caicedo & Llerena-Izquierdo, 2022) minería de datos (Murali & Anuncia, 2022; Zerega-Prado & Llerena-Izquierdo, 2022).

Los agricultores no aplican o no utilizan las tecnologías que en AP se mencionan porque no existe mucha conciencia sobre estas; en ciertos casos, cualquiera de tecnologías tiene costos financieros altos para la economía del agricultor y no pueden enfrentar, si es necesario que los agricultores tengan avances con la tecnología para facilitar u optimizar el proceso agrícola. AP ayuda en el control de plagas, seguimiento de cultivos, la predicción de lluvias, la mejora de cultivos, detecta la humedad del suelo y seguimiento de la salud en los cultivos (Campoverde Reyes, 2023; Miñan Parrales, 2022; Murali & Anuncia, 2022) El rendimiento de la agricultura es afectado por datos no exactos de la temperatura, lluvias, plagas de insectos, condiciones del suelo, condiciones climáticas, enfermedades del cultivo, otros parámetros atmosféricos que afectan a la economía de los agricultores y bajan la cosecha de cultivos. Es posible bajar los problemas de los cultivos, si existen datos que logren aumentar la toma de decisiones informadas y ser más precisos (Espinoza Orbe, 2022; Lokhande, 2021; Viera Vallejo, 2023).

Por otra parte, el IoT se utiliza en varios entornos como agricultura de precisión, ciudades inteligentes, hogares inteligentes, salud, monitoreo ambiental, transporte, producción, gestión de energía y otros; los sistemas IoT cuentan con variedad de dispositivos como sensores, cámaras y actuadores. La tecnología IoT mejora la calidad en la agricultura. Varios institutos de investigación, científicos y académicos desarrollan investigaciones teóricas o prácticas que exploran los servicios de esta tecnología. La combinación de IoT con otras tecnologías permite obtener información para capturar datos, transmitir, flujo de datos, aumento de velocidad, baja latencia, procesar datos, predecir y analizar cualquier situación, y además mejorar las actividades agrícolas en tiempo real (Castro Macías, 2022; Espinoza Orbe, 2022; Pazmiño Sánchez, 2021; Rodríguez Pesantes, 2021; Spisic et al., 2022).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador en Cifras, al año 2022 el país tiene 1.37 millones de hectáreas en cultivos permanentes y 794 mil hectáreas en cultivos transitorios. Los principales cultivos permanentes son cacao, palma africana, banano, caña de azúcar, café, naranja, mango, maracuyá y otros que representan 18 millones de toneladas métricas producidas. Los principales cultivos transitorios son maíz, arroz, frejol,

soya, papa, yuca, brócoli, cebada y otros que representan 4 millones de toneladas métricas producidas (INEC, 2022).

El problema principal de este estudio es la identificación de literatura científica sobre el IoT enfocada a la Agricultura de Precisión para conocer la situación de esta tecnología en esta área específica.

La AP posibilita un entorno integrado para mitigar los problemas que afectan a la Cosecha, Producción y almacenamiento postcosecha; además, el uso de tecnología en la agricultura aumenta el rendimiento, utiliza redes de sensores para obtener datos y los transfiere a servidores mediante un protocolo de red; los datos obtenidos generan información sobre diversos factores y controlan el entorno agrícola (Arguello Lino & Coca Hidalgo, 2023; Calle Tapia, 2023; Mosquera Jarrín, 2023; Pyingkodi, Thenmozhi, Nanthini, et al., 2022)

La revisión u observación sobre el concepto de Agricultura de Precisión y las tecnologías utilizadas ayuda a: entender como aumentar la calidad de los cultivos, aprovechar los recursos convencionales, conocer el entorno de gestión agrícola, originar una agricultura sostenible, entender la solución de problemas ambientales y aumentar los ingresos financieros. Con AP, los agricultores pueden acceder a datos como datos del ambiente, el estado de las plantas, las predicciones meteorológicas y otros factores; los datos procesados dan la capacidad de controlar los espacios de la granja para gestionar como una sola pieza. Con una revisión de AP es posible ampliar la visión sobre gestión de componentes y tecnología específica que se utilice o entender otras actividades como gestionar cantidad de fertilizante, minimizar el uso de energía, entender como otros proyectos desarrollan plantas y tierras en forma eficaz y minimizando el desperdicio (Arjune & Kumar, 2023).

Es posible que los agricultores sean eficientes u optimizar los registros agrícolas; es posible obtener mapas para conocer el índice de vegetación y evaluar la productividad de los cultivos, conocer la variabilidad, se puede minimizar los insumos de áreas poco productivas, disminuir los costos y aumentar la venta de las cosechas, conocer factores limitantes de rendimiento (calidad del suelo, nivel freático, pH, desequilibrio de nutrientes, profundidad del perfil del suelo, manchas de malezas y compactación del suelo), ajustar la fertilización de acuerdo al valor nutricional.

Esta investigación se basa en la revisión sistemática de la literatura para conocer: las utilidades de Internet de las Cosas en AP, las herramientas que se utilizan en AP, los datos que se obtienen en AP, los datos que se presentan AP, conocer las fuentes de adquisición de datos, determinar las tendencias tecnológicas, determinar ciertas recomendaciones, y determinar los desafíos de la tecnología en AP.

El objetivo general es: Determinar las tendencias tecnológicas sobre el internet de las cosas enfocada a la agricultura de precisión mediante una revisión sistemática de literatura

Los objetivos específicos son:

- Identificar trabajos relevantes sobre el internet de las cosas enfocada a la agricultura de precisión para su categorización mediante una revisión sistemática de literatura
- Clasificar los trabajos de investigación para determinar las tendencias tecnológicas sobre el internet de las cosas enfocada a la agricultura de precisión mediante una tabla de niveles de incidencia
- Contrastar los resultados encontrados para elaborar un conjunto de recomendaciones y desafíos por abordar mediante una matriz de factores de relevancia

La justificación de esta investigación es dar a conocer ciertas características de la tecnología IoT en el entorno Agricultura de Precisión como: utilidades de IoT, las herramientas, los datos que se obtienen en AP, los datos se presentan en AP, fuentes de adquisición de dato, tendencias tecnológicas, recomendaciones, desafíos de la tecnología. Además, ser una fuente para investigadores que quieran tener otro enfoque sobre IoT en AP basado en literatura científica.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Agricultura de Precisión (AP)

En agricultura, la precisión permite al usuario realizar las mejores prácticas agrícolas para el cultivo de plantas y ganado; la Agricultura de Precisión es un método de gestión agrícola que utiliza TIC y otras herramientas como sensores, drones, posicionamiento global, robótica, sistemas de control, vehículos autónomos, hardware automatizado, tecnología de velocidad variable y muestreo de suelo. Actualmente, la AP se basa en el posicionamiento global que fue introducida por la empresa John Deere; esto minimiza los errores de dirección en los tractores, minimiza el desperdicio de semillas, fertilizantes, combustible y no pierde tiempo. La agronomía es otro término relacionado con la agricultura, existe una relación entre precisión y tecnología; el objetivo principal es mantener una tecnología agrícola más precisa para los cultivos (Pyngkodi, Thenmozhi, Karthikeyan, Nanthini, et al., 2022).

La AP facilita 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, Inteligencia Artificial y Computación en la Nube para obtener buenos niveles de rendimiento y calidad de los cultivos (Khanna et al., 2022).

2.2. Internet de las Cosas (IoT)

Está formada 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 (Spisic et al., 2022).

2.3. Casos de IoT en la Agricultura de Precisión

El diseño y desarrollo de robot 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 (Janani et al., 2022).

Se diseña 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 (Spisic et al., 2022).

El 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 (Patil et al., 2023).

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 (Adhikari et al., 2023). 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 (Sousa et al., 2023).

Utilizan un sensor para detectar nitrógeno, fósforo y potasio del suelo, este tipo de sensor es bajo costo, sencillo, rápido y transportable; los datos capturados son precisos y además utilizan un algoritmo de estimación de densidad de granos y aprendizaje automático para mostrar las tendencias (Pyngkodi, Thenmozhi, Karthikeyan, Kalpana, et al., 2022). Proponen un sistema de monitoreo agrícola que captura datos con sensores IoT para presión, temperatura, nivel de agua e intensidad de luz, y luego aplica técnicas de redes neuronales para generar una predicción de la producción de los cultivos; el sistema se aplica sobre tomates, patatas, y otros (Bouarourou et al., 2022).

2.4. Otras tecnologías en la Agricultura de Precisión

Esta investigación aplica el enfoque de minería de datos, describen la adquisición, procesamiento y modelo de gestión; los autores afirman que la integración de la agricultura y la tecnología aumenta la producción y la informatización (Murali & Anuncia, 2022).

Aplican la tecnología Big Data para procesar la gran cantidad de datos de muchas regiones, analizan datos de clima, agua, suelo, pesticidas (Lokhande, 2021).

3. METODOLOGÍA

La Revisión Sistemática de la Literatura que se utiliza para esta investigación sigue los pasos recomendados por (Ribeiro et al., 2023), que manifiesta tres etapas: (i) Diseñar la revisión, (ii) Realizar la revisión y (iii) Informar la revisión. La figura 1 presenta la planificación de esta revisión de la literatura.

i) Etapa de diseño, se establecen las preguntas de investigación, la selección de palabras de búsqueda y bases de datos convenientes. Las preguntas de investigación son:

- 1.- ¿Cuáles son las utilidades de IoT en agricultura de precisión?
- 2.- ¿Cuáles son las herramientas que se utilizan en agricultura de precisión?
- 3.- ¿Cuáles son los datos que se obtienen en agricultura de precisión?
- 4.- ¿Cuáles son los datos se presentan agricultura de precisión?
- 5.- ¿Cuáles son las fuentes de adquisición de datos en agricultura de precisión?
- 6.- ¿Cuáles son las tendencias tecnológicas?
- 7.- ¿Cuáles son las recomendaciones de los artículos científicos?
- 8.- ¿Cuáles son los desafíos de la tecnología en agricultura de precisión?

La búsqueda se realiza en 4 bases de datos: IEEEExplore, ACM, ScienceDirect; estas bases contienen publicaciones y actas de congresos de buen impacto. Las palabras de búsqueda que se utilizan son “Precision Agriculture”, “Precision Agriculture Internet of Things”, “Precision Agriculture IoT”. En esta investigación se filtran artículos de revistas y artículos de congresos en idioma inglés, publicados entre 2019 y 2023. Se utilizan criterios de inclusión-exclusión para garantizar que los artículos seleccionados sean relevantes para este estudio. Los criterios se presentan en la figura 1. Un artículo debe pasar el filtro de todos los criterios de inclusión y ninguno de los criterios de exclusión.

ii) Etapa de revisión, se utiliza la búsqueda y observación para revisar artículos sobre Internet de las Cosas en Agricultura de Precisión. Las actividades de la búsqueda son los siguientes: 1. Revisar los títulos, palabras clave y resúmenes de los artículos y seleccionar aquellos que pasen con los criterios de inclusión; 2. Revisar los artículos para determinar si son válidos de acuerdo

con los criterios de exclusión; 3. Verificar las bibliografías de artículos seleccionados para descubrir otros artículos.

iii) Etapa de informe, presenta las respuestas de las preguntas de investigación y el análisis.

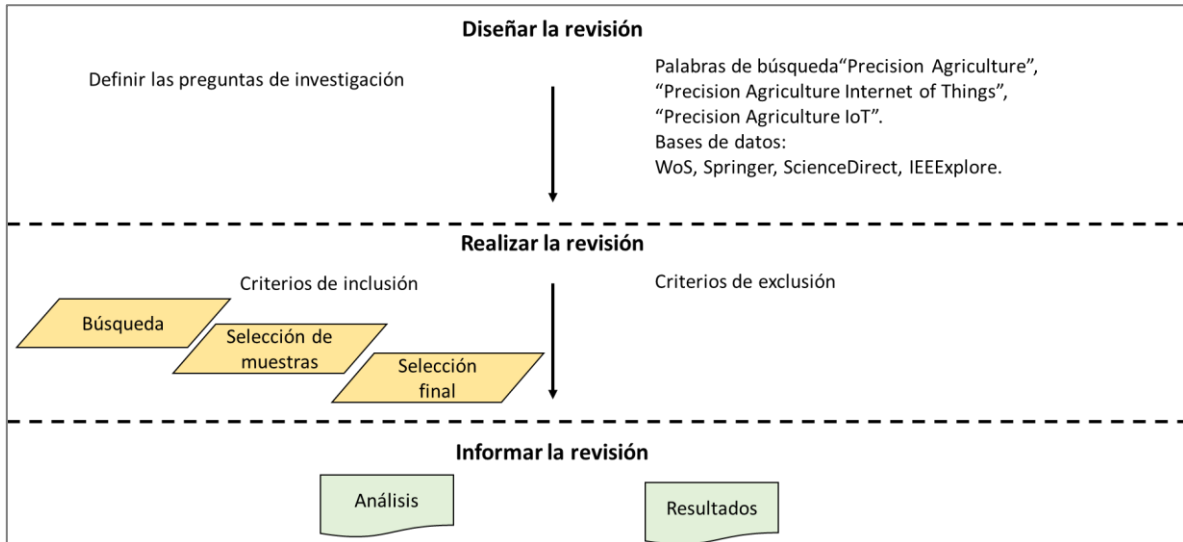


Figura 1. Proceso de RSL.

4. RESULTADOS

PRISMA está diseñada para auxiliar a los revisores sistemáticos en generar informes de manera transparente una revisión, la realización de del autor y los hallazgos (Page et al., 2021).

Aquí se identificaron, seleccionaron, evaluaron y se sintetizan artículos científicos. En este artículo se presenta la lista de verificación de 42 artículos en PRISMA. Esta revisión sistemática presenta una síntesis del estado sobre el IoT enfocada a la Agricultura de Precisión; desde aquí futuros investigadores pueden identificar prioridades de estudio o análisis, ver figura 2.

Para garantizar esta revisión sistemática de IoT enfocada en Agricultura de Precisión y que sea apreciable para la investigación. Se prepara una explicación transparente y lo más precisa posible, como la identificaron y selecciona de los artículos científicos, hallazgos de características y resultados de los metaanálisis.

De IEEE Xplore se obtuvo 51 artículos, de ACM se obtuvo 35 artículos y de Science Direct se obtuvo 46 artículos, que suman 132 artículos obtenidos en la primera revisión por medio de títulos en las tres bases de datos. Luego se encontraron duplicados 14 artículos que están entre dos bases de datos, además se removieron 19 artículos por no estar dentro de las palabras de búsqueda. Quedaron 99 artículos, se examinó el resumen de los 99 artículos, y de estos se excluyeron 27 por ser solo conceptos o artículos resumen o poster. Luego se procedió a recuperar los 72 artículos, pero aquí 16 artículos no se lograron recuperar por ser artículos pagados o pedir un nuevo usuario. Quedaron 56 artículos para la evaluación de elegibilidad, entre estos 8 son artículos resumen, 4 artículos piden autorización para referenciarlos y 2 son de idioma diferente al inglés. Finalmente quedaron 42 artículos científicos para en análisis y lectura integral de cada uno.

Entre los 42 artículos quedaron distribuidos en: 23 artículos de IEEE, 13 artículos de ACM y 6 artículos de Science Direct. La tabla 1 presenta los autores y años de los artículos, además estos se encuentran en la sección Referencias al final de este documento.

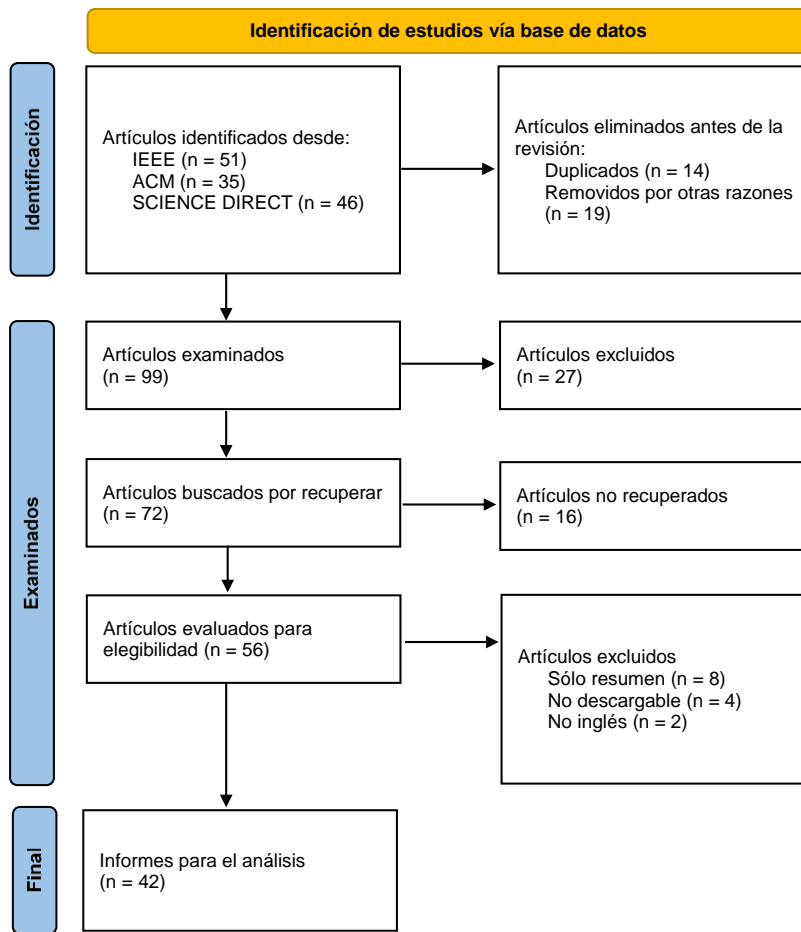


Figura 2. PRISMA de la revisión.

Tabla 1. Artículos científicos seleccionados

Base de datos	Cant.	Referencias
IEEE Xplore	23	(Janani et al., 2022), (Khanna et al., 2022), (Pyingkodi, Thenmozhi, Nanthini, et al., 2022), (Arjune & Kumar, 2023), (Murali & Anuncia, 2022), (Lokhande, 2021), (Spisic et al., 2022), (Patil et al., 2023), (Adhikari et al., 2023), (Sousa et al., 2023), (Pyingkodi, Thenmozhi, Karthikeyan, Kalpana, et al., 2022), (Bouarourou et al., 2022), (Maita & Maiolo, 2021), (Lingudu et al., 2022), (Mohanty & Singh, 2023), (Patidar et al., 2023), (Gyarmati & Mizik, 2020), (Singh & Sobti, 2021), (Leelavinodhan et al., 2020), (Guven & Parlak, 2022), (Moorthy et al., 2023), (Sathanapriya et al., 2022), (Anand et al., 2022)
ACM	13	(Singla et al., 2022), (Thusnavis et al., 2023), (D B et al., 2023), (Misra et al., 2022), (Vangala et al., 2023), (Placidi et al., 2022), (Senthil et al., 2022), (Hartono et al., 2022), (Sadu et al., 2022), (Sharma et al., 2023), (Sumarudin et al., 2022), (Micheni et al., 2022), (Saha et al., 2023)
Science Direct	06	(Sarath Chandra et al., 2023), (Tondato De Faria et al., 2022), (Kaur et al., 2022), (Raj et al., 2022), (Memon et al., 2023), (Zamir & Sonar, 2023)
Total	42	

Fuente: Autor.

Entre los 42 artículos analizados se hallaron particularidades que pueden responder a las preguntas de investigación, estas particularidades fueron agrupadas de acuerdo con las preguntas de investigación, en total son 70 características y se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Características halladas

No.	Grupos	Características
1	Utilidades	Energía, Agua, Aire, Nutrientes, Suelo, Enfermedades, Ambiente, Monitoreo animal, Monitoreo de insectos, Fertilización, Pesticidas, Irrigación
2	Herramientas	GPS, GIS, Muestreos, Monitoreo de rendimiento, Mapas de rendimiento, Sensores remotos, Mapeo de suelos, Detección de insectos, Estrés nutricional
3	Datos obtenidos	Humedad, Temperatura, Niveles de agua, Luz, Ph, Viento, Vegetación, Sonido, Suelo, Otros
4	Datos presentados	Temperatura, Humedad, Fósforo, Nitrógeno, Potasio, Pronóstico, Lluvias
5	Fuentes de adquisición	Sensores, Imágenes, Satélites, Vehículos, Cámaras
6	Tendencias tecnológicas	Big Data, Inteligencia Artificial, Blockchain, Nanomateriales, Mapas, Uso de drones, Conectividad, Monitoreo de rendimiento, Trazabilidad
7	Desafíos	Falta de infraestructura, Altos costos, Falta de seguridad de datos
8	Recomendaciones	Uso de información predictiva, Rediseño de procesos comerciales, Crear modelos comerciales, Uso de Inteligencia Artificial, Examinar Factores Críticos de Éxito, Adoptar tecnologías, Mejorar velocidad de internet, Enfocarse en aplicaciones apropiadas
9	Factores de relevancia	Ecológicos, Comportamiento, Institucionales, Informativos, Técnicos, Percepción, Adopción
	Total	70

Fuente: Autor.

El análisis de cada artículo fue plasmado en una hoja electrónica Microsoft Excel, por cada artículo se anota el orden, año de producción, título del artículo, y si acaso contiene o cumple con cada una de las características. Si el artículo cumple se anota el bit 1. Un artículo puede cumplir varias características de un mismo grupo. Cada característica está en una columna y cada columna tiene sumatoria. Por cada grupo se realiza una sumatoria de las características, luego se calcula el porcentaje de cada característica, el cálculo es: la suma de la característica dividida para la sumatoria del grupo. Por ejemplo, el grupo “Utilidades” tiene 121 puntos de sumatoria; el porcentaje de la característica “Energía” se calcula como la sumatoria de “Energía” dividida para la suma del grupo, es decir 4 puntos / 121 puntos que es 3% y así con cada característica del mismo grupo. Otro ejemplo, el grupo “Herramientas” tiene 80 puntos de sumatoria; el porcentaje de la característica “GPS” se calcula como la sumatoria de “GPS” dividida para la suma del grupo, es decir 5 puntos / 80 puntos que es 6% y así con cada característica del mismo grupo, ver figura 3 y figura 4.

	Utilidades												Herramientas							Datos obtenidos							Datos presentados											
	Energía	Agua	Aire	Nutrientes	Suelo	Enfermedades	Ambiente	Monitoreo animal	Monitoreo de insectos	Fertilización	Pesticidas	Irrigación	GPS	GIS	Muestras	Monitoreo de rendimiento	Mapas de rendimiento	Sensores remotos	Mapeo de suelos	Detección de insectos	Estrés nutricional	Humedad	Temperatura	Niveles de agua	Luz	Ph	Viento	Vegetación	Sonido	Suelo	Otros	Temperatura	Humedad	Fósforo	Nitrógeno	Potasio	Pronóstico	Lluvias
Sumatoria	4	20	6	5	29	2	18	3	3	10	9	12	5	3	19	19	2	25	3	2	2	28	26	15	9	10	11	10	3	29	10	21	21	7	7	7	16	7
Porcentajes	3%	17%	5%	4%	25%	2%	15%	2%	2%	8%	7%	10%	6%	4%	24%	24%	3%	31%	4%	2%	2%	18%	17%	10%	6%	7%	7%	7%	2%	19%	7%	24%	24%	8%	8%	8%	20%	8%
	121												80							151							86											

Figura 3. Características, sumas y porcentajes de los artículos en hoja electrónica Parte 1.

	Fuentes de adquisición						Tendencias tecnológicas								Desafíos			Recomendaciones						Factores de Relevancia								
	Sensores	Imágenes	Satélites	Vehículos	Cámaras	Big Data	Inteligencia Artificial	Blockchain	Nanomateriales	Mapas	Uso de drones	Conectividad	Monitoreo de rendimiento	Trazabilidad	Falta de infraestructura	Altos costos	Falta de seguridad de datos	Uso de información predictiva	Rediseño de procesos comerciales	Crear modelos comerciales	Uso de Inteligencia Artificial	Examinar FCE	Adoptar tecnologías	Mejorar velocidad de internet	Enfocarse en aplicaciones apropiadas	Ecológicos	Comportamiento	Institucionales	Informativos	Técnicos	Percepción	Adopción
Sumatoria	38	14	1	7	6	4	8	3	1	2	8	13	16	4	23	15	10	9	5	7	8	8	22	19	13	5	16	3	20	25	10	23
Porcentajes	58%	21%	2%	11%	8%	7%	14%	5%	2%	3%	14%	22%	27%	6%	47%	32%	21%	10%	5%	8%	10%	9%	24%	20%	14%	5%	15%	3%	20%	25%	10%	22%
	66						59								48			91						102								

Figura 4. Características, sumas y porcentajes de los artículos en hoja electrónica Parte 2.

Las sumatorias y porcentajes son útiles para realizar las estadísticas y presentación de gráficos, que permite analizar la situación encontrada en los artículos a nivel de grupo de características, y estas serán las respuestas a las preguntas de investigación planteadas en la sección Metodología de este documento. A continuación, se presenta la etapa Informe de la revisión sistemática.

1.- ¿Cuáles son las utilidades de IoT en agricultura de precisión?

La figura 5 presenta este grupo de características: Energía es 3%, Agua es 17%, Aire es 5%, Nutrientes es 4%, Suelo es 25%, Seguimiento de Enfermedades es 2%, Ambiente es 15%, Monitoreo animal es 2%, Monitoreo de insectos es 2%, Fertilización es 8%, Pesticidas es 7%, Irrigación es 10%. Esto significa que entre los 42 artículos, el aspecto del suelo tiene mucha importancia en 29 artículos que nombran el análisis o estudio de factores del Suelo (25%) como humedad o temperatura o químicos. Luego le siguen 20 artículos que también nombran el estudio del Agua (17%) y 10 artículos que también nombran el estudio del Ambiente (15%).

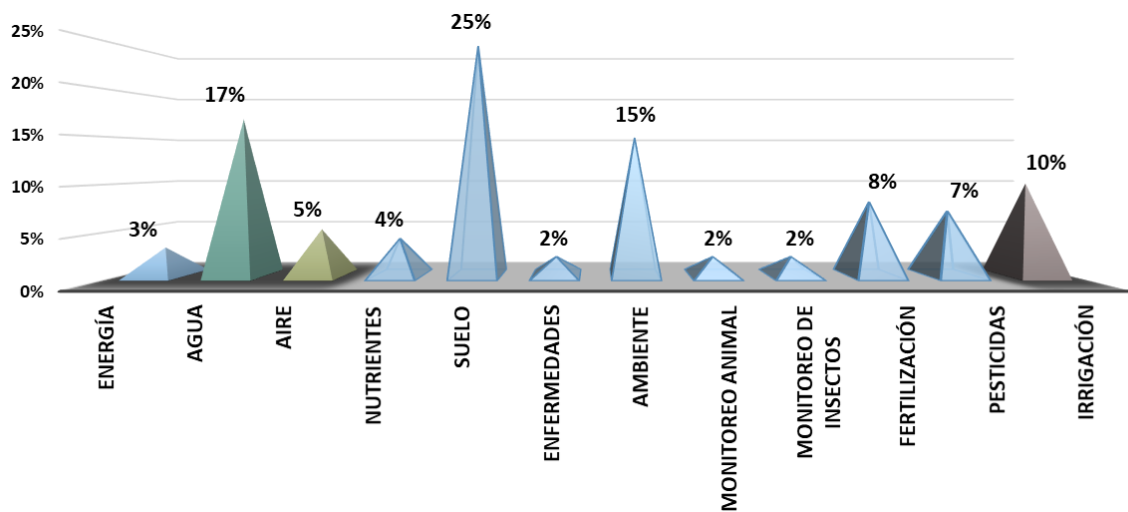


Figura 5. Utilidades.

2.- ¿Cuáles son las herramientas que se utilizan en agricultura de precisión?

La figura 6 presenta este grupo de características: GPS (Posicionamiento global) es 6%, GIS (Información geográfica) es 4%, Muestreos del ambiente es 24%, Monitoreo de rendimiento es 24%, Mapas de rendimiento es 3%, Sensores remotos es 31%, Mapeo de suelos es 4%, Detección de insectos es 2%, Estrés nutricional es 2%. Esto significa que, entre los 42 artículos,

el uso de dispositivos son las herramientas o equipos más utilizados para captura de datos es nombrado en 25 artículos. Luego la toma de muestras del ambiente y el monitoreo de rendimiento del cultivo es también nombrada en 19 artículos cada uno.

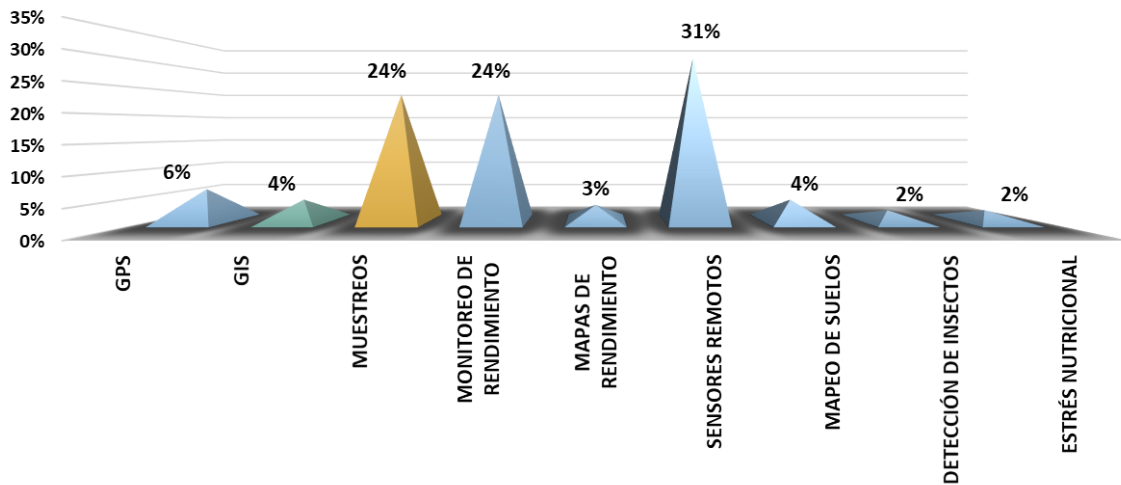


Figura 6. Herramientas.

3.- ¿Cuáles son los datos que se obtienen en agricultura de precisión?

La figura 7 presenta este grupo de características: Humedad es 18%, Temperatura es 17%, Niveles de agua es 10%, Luz solar es 6%, Ph es 7%, Viento es 7%, Vegetación es 7%, Sonido es 2%, Suelo es 19%, Otros es 7%. Esto significa que, entre los 42 artículos, el aspecto del suelo tiene mucha importancia en 29 artículos que nombran el análisis o estudio de factores del Suelo (19%), atrapan los datos como humedad en 28 artículos (18%) y temperatura en 26 artículos (17%). Además, es importante el nivel de agua en los cultivos que también se nombra en 15 artículos (10%).

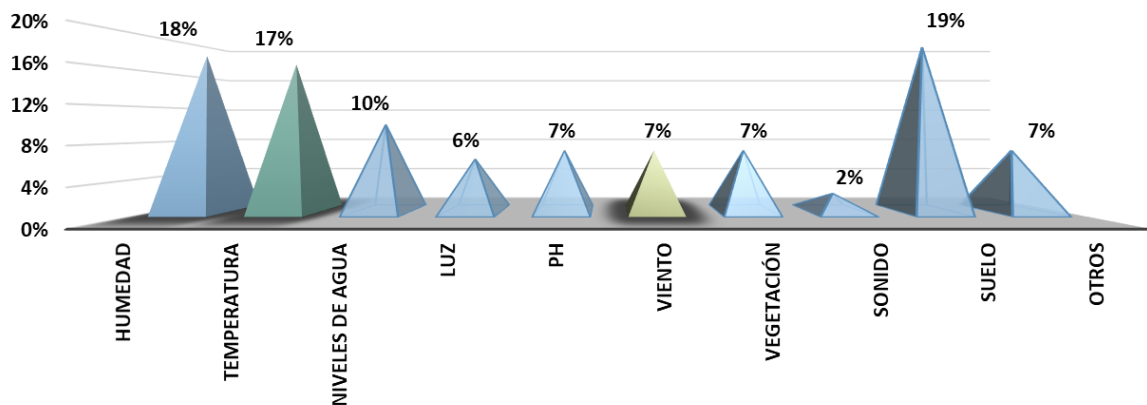


Figura 7. Datos obtenidos.

4.- ¿Cuáles son los datos se presentan agricultura de precisión?

La figura 8 presenta este grupo de características: Temperatura es 24%, Humedad es 24%, Fósforo es 8%, Nitrógeno es 8%, Potasio es 8%, Pronóstico es 20%, Lluvias es 8%. Esto significa que, entre los 42 artículos, el aspecto de la humedad y temperatura es importante en 21 artículos que presentan estos datos, la razón es porque para el análisis del suelo se toma datos de humedad y temperatura. Otro aspecto importante es el Pronóstico del cultivo en 16 artículos (20%). Además, 7 artículos (8%) nombran el estudio de la fertilización para proporcionar proteínas y nutrientes al suelo a través de fósforo, nitrógeno y potasio.

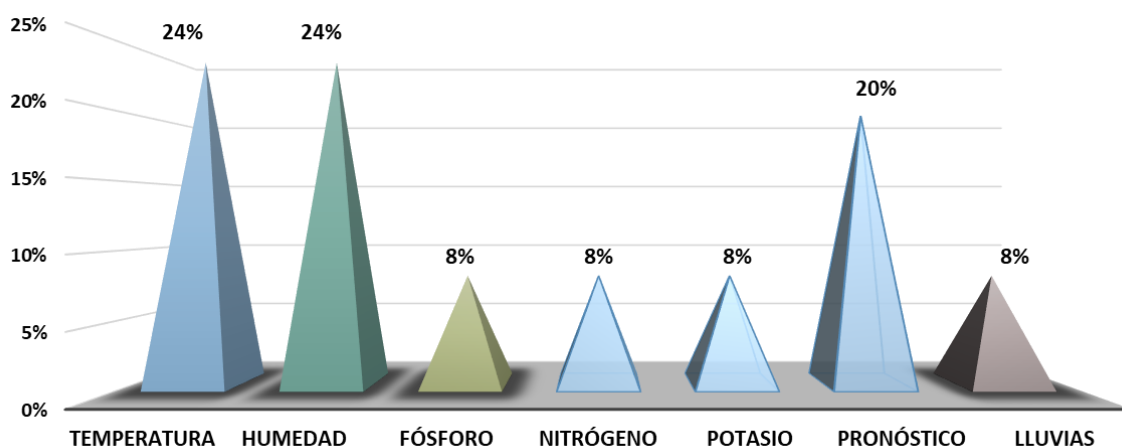


Figura 8. Datos presentados.

5.- ¿Cuáles son las fuentes de adquisición de datos en agricultura de precisión?

La figura 9 presenta este grupo de características: Sensores es 58%, Imágenes es 21%, Satélites es 2%, Vehículos es 11%, Cámaras es 8%. Esto significa que, entre los 42 artículos, la principal opción para capturar datos son los sensores que también pueden ser dispositivos inteligentes que capturan datos como humedad, temperatura, niveles de agua, luz solar, Ph, viento, sonido; estos se nombran en 38 artículos (58%). Luego, el aspecto de Imágenes en los Cultivos se nombra en 14 artículos (21%) que proponen el uso de Inteligencia Artificial sea para análisis o pronóstico. Los satélites se nombran en un solo artículo (2%) para la toma de fotos. El uso de vehículos terrestres (sobre ruedas) o aéreos (drones) se nombra en 7 artículos (11%) sea para toma de muestras o fumigación o tomas aéreas. El uso exclusivo de cámaras se nombra en 6 artículos (8%) para la verificación permanente del cultivo a través de fotos o imágenes.

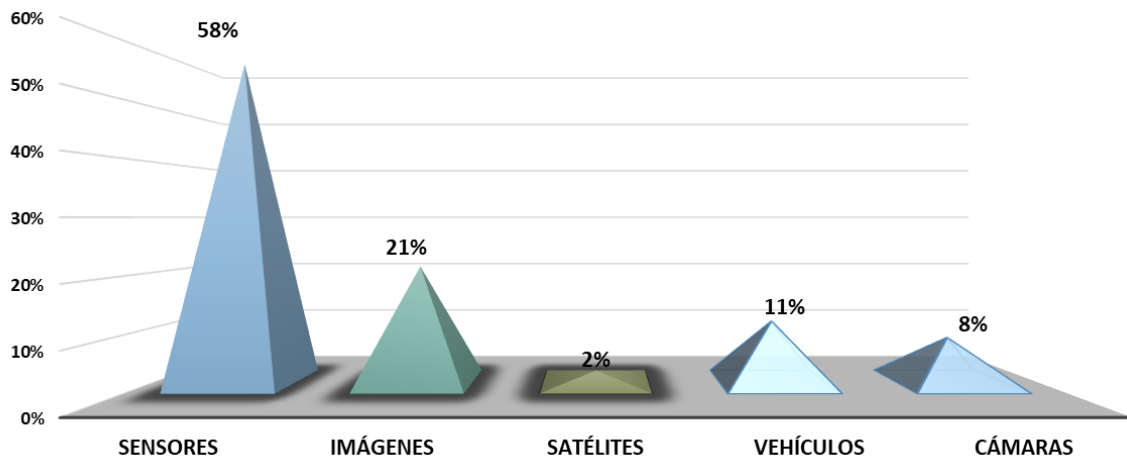


Figura 9. Fuentes de adquisición.

6.- ¿Cuáles son las tendencias tecnológicas?

La figura 10 presenta como Tendencias Tecnológicas lo siguiente: Big Data es 7%, Inteligencia Artificial es 14%, Blockchain es 5%, Nanomateriales es 2%, Mapas es 3%, Uso de drones es 14%, Conectividad es 22%, Monitoreo de rendimiento es 27%, Trazabilidad es 6%. Esto significa que entre los 42 artículos, la mayor tendencia aun sin ser tecnológica es el Monitoreo del Rendimiento sobre el cultivo que utiliza la Agricultura de Precisión para mejorar la calidad de los productos sembrados y cosechados, es nombrada en 16 artículos; entre beneficios encontrados en monitoreo está el mejoramiento del cultivo, mejor toma de decisiones, aumento de eficiencia, permanencia de los datos para control. Luego, la Conectividad de los dispositivos, sensores, redes, servidores y aplicaciones informáticas esta nombrada en 13 artículos; se destaca que los agricultores usan dispositivos inteligentes para monitoreo o seguimiento en forma remota sobre los cultivos, maquinarias y ganado, además obtienen estadísticas sobre la producción, alimentación y cultivos.

Además, el uso de Inteligencia Artificial esta nombrada en 8 artículos para labores de análisis o clasificación y/o predicción sobre datos obtenidos de la granja, anticipación a los cambios climáticos; la Inteligencia Artificial permite el análisis de grandes conjuntos de datos históricos como clima, suelo, cultivo, enfermedades y seguimiento para obtener pronósticos más precisos, y esto lo hace en tiempo real.

También, el uso de Drones está nombrada en 8 artículos para labores de toma de muestras o fumigación o tomas aéreas, estos sirven para análisis de datos en otra clase de sistemas integrados; y son más útiles para tomar de decisiones en las fases desde la siembra hasta la

cosecha. Otra tendencia es uso de Big Data nombrada en 4 artículos, para recopilar, analizar y visualizar información agrícola en tiempo real para que los productores puedan tomar decisiones optimas en la granja; Big Data hace posible comparar cantidades, densidades, lotes o índices.

Otra tendencia es el uso de Blockchain que se nombra en 3 artículos, y provee oportunidades para aumentar la calidad y la seguridad de la información sobre la cadena de alimentos generados en las granjas, además fortalece la confianza de los clientes o consumidores que compran los productos agrícolas.

La otra tendencia es la Trazabilidad que se nombra en 4 artículos, y se nombra para realizar el seguimiento en los productos agrícolas desde el cultivo hasta llegar al consumidor final; esta clase de seguimiento ayuda a localizar el origen de los alimentos, los lugares de proceso y los tiempos hasta llegar al consumidor; la trazabilidad tiene el beneficio del retiro preciso de un alimento posiblemente contaminado sin dañar la imagen o cadena de distribución.

El uso de mapas es otra tendencia nombrada en 2 artículos, estos son mapas sobre rendimiento del cultivo, y al obtener las dimensiones o rendimiento de cada lugar es posible aplicar la dosis variable de agua, abonos, pesticidas, fertilizantes, entre otros; esto contribuye a disminuir el costo de la producción y mejorar el equilibrio ambiental. La última tendencia obtenida es el uso de nanomateriales nombrado solo en un artículo, que especifica las oportunidades para utilizar agro productos como nanoherbicidas, nanofertilizantes, nanosensores y nanopesticidas, que permite aumentar el rendimiento de los productos en forma sustentable y disminuye el impacto ambiental.

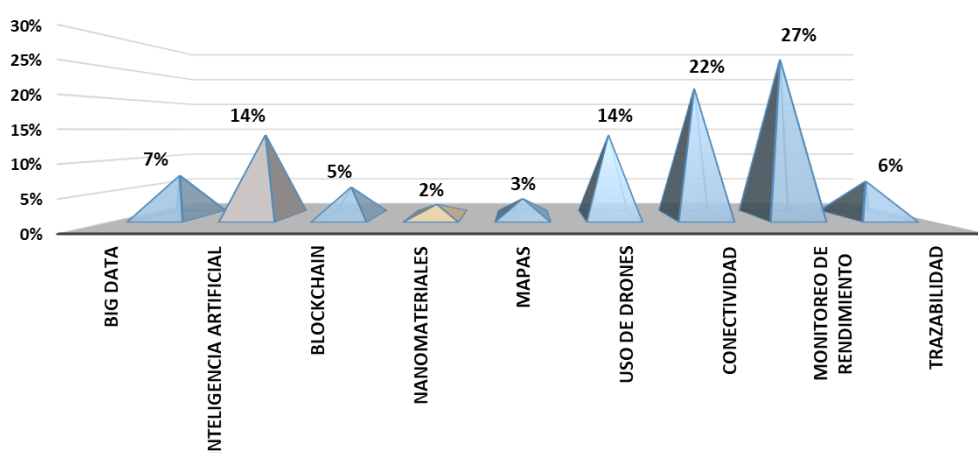


Figura 10. Tendencias tecnológicas.

Las dos siguientes preguntas de investigación revelan un pequeño conjunto de posibles recomendaciones y posibles desafíos para luego presentar los factores de relevancia en una matriz.

7.- ¿Cuáles son las recomendaciones de los artículos científicos?

La figura 11 presenta las posibles recomendaciones que se hallaron en los 42 artículos: Uso de Información Predictiva es 10%, Rediseño de Procesos Comerciales es 5%, Crear Modelos Comerciales es 8%, Uso de Inteligencia Artificial es 10%, Examinar Factores Críticos de Éxito es 9%, Adoptar Tecnologías es 24%, Mejorar velocidad de internet es 20%, Enfocarse en aplicaciones apropiadas es 14%. Esto significa que, entre los 42 artículos, la principal consideración es la adopción de alguna tecnología sea IoT, Blockchain, Inteligencia Artificial, Big Data, entre otras.

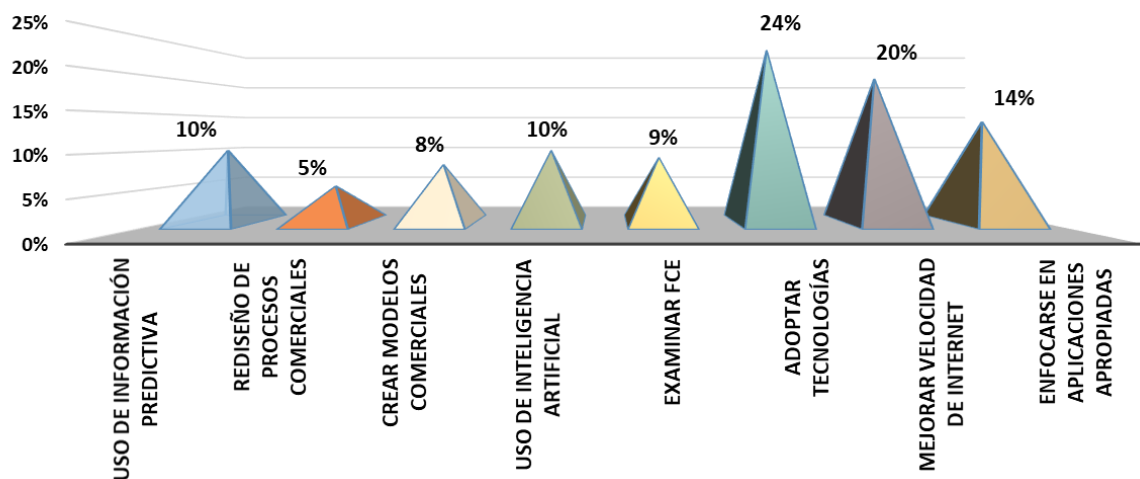


Figura 11. Recomendaciones.

8.- ¿Cuáles son los desafíos de la tecnología en agricultura de precisión?

La figura 12 presenta los desafíos que se hallaron en los 42 artículos: Falta de Infraestructura es 47%, Altos Costos es 32%, Falta de Seguridad de Datos es 21%. Esto significa que entre los 42 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.

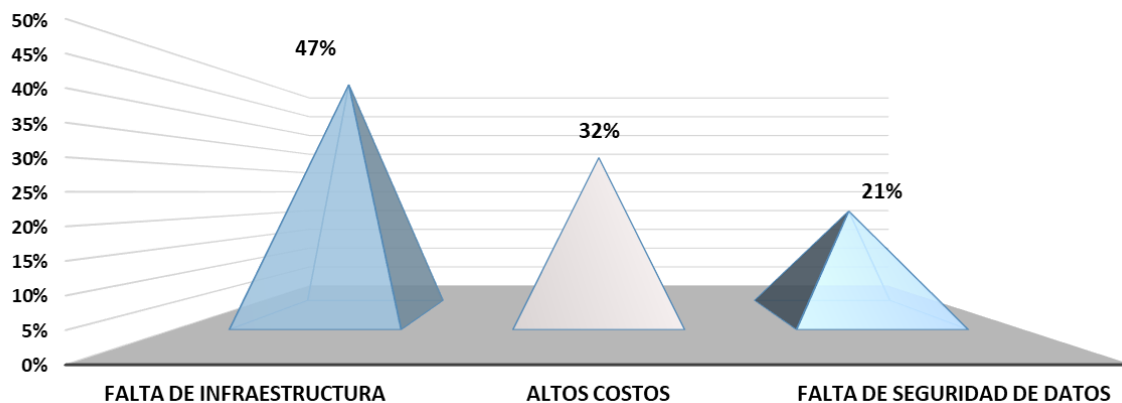


Figura 12. Desafíos.

Estas recomendaciones y desafíos que son hallazgos en los 42 artículos sirven como base para plantear los factores de relevancia en una matriz, estos factores fueron considerados de acuerdo al contenido de cada artículo. Cada artículo tiene sus aspectos relevantes que pueden o no entrar en los factores que se determinaron como son: Ecológicos en 5%, Comportamiento en 15%, Institucionales en 3%, Informativos en 20%, Técnicos en 25%, Percepción en 10%, y Adopción en 22%. Ver tabla 3.

Ecológicos significa que la tecnología utilizada trata de no dañar el ecosistema. Comportamiento significa que se analiza la conducta del cultivo. Institucionales significa que la empresa debe acoplarse a la tecnología. Informativos significa que es necesario más datos de la tecnología utilizada. Técnicos significa que el artículo solo suministra datos técnicos. Percepción significa que en los ensayos están conformes. Adopción significa que la tecnología puede ser adoptada en forma sencilla.

La figura 13 presenta los factores de relevancia hallados en algunos de los 42 artículos.

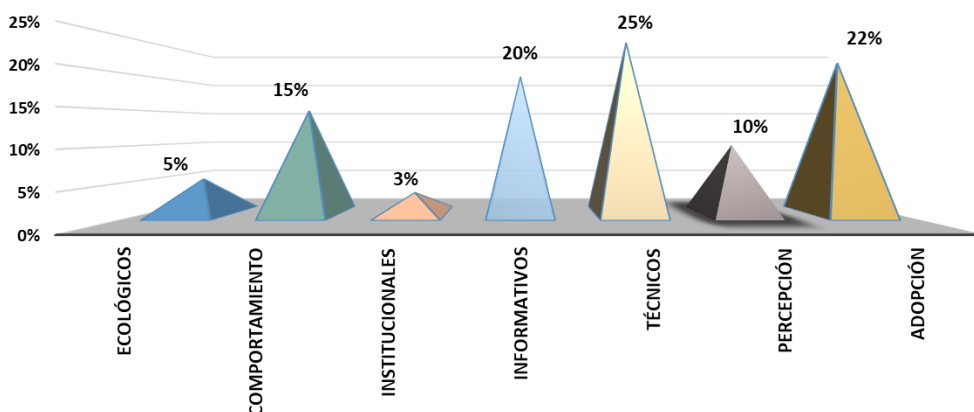


Figura 13. Factores de relevancia.

Tabla 3. Matriz de factores de relevancia

Artículos		Desafíos			Recomendaciones							Factores de Relevancia									
Item	Año de publicación	Título del artículo	Falta de infraestructura	Altos costos	Falta de seguridad de datos	Uso de información predictiva	Rediseño de procesos comerciales	Crear modelos comerciales	Uso de Inteligencia Artificial	Examinar FCE	Adoptar tecnologías	Mejorar velocidad de internet	Enfocarse en aplicaciones apropiadas	Ecológicos	Comportamiento	Institucionales	Informativos	Técnicos	Percepción	Adopción	
1	2022	An Improved Agriculture Plant Disease Detection and Monitoring Using IOT	1																		1
2	2022	Precision Agriculture for Medicinal Plants: A Conjunction of Technologies					1				1										
3	2022	Sensor Based Smart Agriculture with IoT Technologies	1	1	1			1			1										
4	2023	Precision Agriculture: Influencing factors and challenges faced by farmers	1							1	1			1	1	1	1	1	1	1	1
5	2022	A Survey on Computational Aptitudes towards Precision Agriculture	1	1				1					1	1			1	1			
6	2021	Effective use of big data in precision agriculture			1	1	1					1			1				1	1	
7	2022	IoT Based Network Model And Sensor Node Prototype	1					1				1			1						1
8	2023	IoT based Data Sensing System for AutoGrow			1					1	1				1			1	1		1
9	2023	IOT Based Precision Agri-Bot		1							1		1					1			1
10	2023	IoT Sensing for Precision Agriculture	1				1					1		1				1			1
11	2022	IoT based Soil Nutrients Analysis and Monitoring System for Smart			1					1	1	1			1		1	1			
12	2022	IoT Based Smart Agriculture Monitoring System with Predictive Analysis	1			1		1	1						1			1		1	1
13	2021	Low power Wireless Sensor Network for precision agriculture	1								1	1		1							1
14	2022	Edge Assisted Architecture for Performing Precision Agriculture		1							1	1							1		
15	2023	Optimal Water Utilization in the State of Odisha using Precision Agriculture	1							1	1	1	1		1						1
16	2023	Precision Agriculture: Crop Image Segmentation and Loss Evaluation		1						1	1	1							1		
17	2020	The present and future of the precision agriculture	1	1	1			1			1						1	1			1
18	2021	Role of Internet of Things and Machine Learning in Precision Agriculture			1	1			1				1		1				1		
19	2020	Energy-neutral weather stations for precision agriculture		1						1		1	1					1	1		
20	2022	Blockchain, AI and IoT Empowered Swarm Drones		1		1			1		1	1						1	1		
21	2023	A Hybrid Data Acquisition Model for Precision Agriculture using IoT	1			1			1		1	1		1							1
22	2022	Analysis of Hydroponic System Crop Yield Prediction and Crop IoT-based	1			1	1		1									1			1
23	2022	Applications of Internet of Things(IoT) in Agriculture		1							1	1	1			1					1
24	2022	IoT Based Monitoring for the Growth of Basil Using Machine Learning	1									1			1				1		
25	2023	IoT Based Weed Detection and Removal in Precision Agriculture		1							1							1	1		
26	2023	IoT-based Water Harvesting, Moisture Monitoring, and Crop Monitoring	1							1	1								1		1
27	2022	IoT, Big Data, and Artificial Intelligence in Agriculture and Food Industry		1		1		1	1	1	1	1			1		1				
28	2023	Blockchain-Enabled Authenticated Key Agreement Scheme for Mobile	1							1			1						1		1
29	2022	Capacitive Low-Cost System for Soil Water Content Measurement						1										1	1		1
30	2022	Design and Implementation of Smart Agriculture Management Intelligent	1								1	1			1				1		1
31	2022	Development of Prototype Smart Control Systems to Support IoT			1						1	1			1						1
32	2022	Digitalization of agriculture by using the application of IoT and robotics		1									1					1	1	1	
33	2023	Enhancing Crop Yields through IoT-Enabled Precision Agriculture			1		1											1	1	1	1
34	2022	Implementation of IoT Sensored Data Integrity for Irrigation	1																1	1	1
35	2022	Internet of Things, Big Data Analytics, and Deep Learning	1	1		1			1			1			1			1	1		
36	2023	Precision Agriculture Using Internet of Things and Wireless Sensor Network	1		1						1							1			1
37	2023	Smart Irrigation Management System for Precision Agriculture			1																1
38	2022	The effectiveness of IoT and machine learning in Precision Agriculture	1			1			1						1				1		
39	2022	Review of IoT Technologies used in Agriculture	1								1	1	1		1					1	1
40	2022	IoT Based Agricultural Drones for Pest Control		1							1	1				1	1			1	
41	2023	Comparative Analysis of Techniques Used in Precision Agriculture	1												1			1	1		
42	2021	Wireless Communication Technologies for Internet of Things	1	1														1	1	1	1
Sumatoria			23	15	10	9	5	7	8	8	22	19	13	5	16	3	20	25	10	23	
			48			91								102							
Porcentajes			47%	32%	21%	10%	5%	8%	10%	9%	24%	20%	14%	5%	15%	3%	20%	25%	10%	22%	

Fuente: Autor.

5. DISCUSIÓN

De acuerdo con los hallazgos en Agricultura de Precisión. La principal utilidad es el aspecto del suelo en 29 artículos que nombran el análisis o estudio de factores del suelo como humedad o temperatura o químicos. La principal herramienta que se utilizan son dispositivos para captura de datos es nombrado en 25 artículos. El dato que más se obtiene es el aspecto del suelo en 29 artículos que nombran el análisis o estudio de factores del suelo. El principal dato que se presentan es la humedad y temperatura en 21 artículos. La principal opción para capturar datos son los sensores en 38 artículos. La mayor tendencia aun sin ser tecnológica es el Monitoreo del Rendimiento sobre el cultivo en 16 artículos. La principal recomendación es la adopción de alguna tecnología sea IoT, Blockchain, Inteligencia Artificial o Big Data. El principal desafío es que faltan las conexiones y comunicaciones para los dispositivos.

Aunque no es una principal recomendación, existe gran atención en el uso de información predictiva sobre las prácticas agrícolas, porque suscita decisiones en tiempo real y ayuda en el rediseño de los procesos comerciales. Algunas predicciones son: la detección de enfermedades del cultivo, el pronóstico del tiempo, enumeración de frutas, composición de imágenes, localización de obstáculos, clasificación de tierras, clasificación de plantas, identidad de malezas, predicción del rendimiento, clasificación del comportamiento animal.

Otra recomendación que se considera importante son los factores críticos de éxito para implementar la Agricultura de Precisión.

Los principales factores de incidencia son los Técnicos y Adopción, esta investigación ayuda a conocer varias características sobre la Agricultura de Precisión y puede servir como una de las bases para el diseño de arquitecturas o modelo en la captura-procesamiento-análisis-predicción sobre los cultivos.

6. CONCLUSIÓN

Se concluye que la Agricultura de Precisión 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, y esto ser más útil en el rastreo de parámetros de extremo a extremo, como estado de la máquina, descubrimiento en el campo, entre otros.

Se identificaron 42 artículos científicos sobre el IoT enfocada en la Agricultura de Precisión para su categorización, y la estadística revela ocho preguntas de investigación. 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 Agricultura de Precisión 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 aplicar la producción precisa es necesario una experiencia y competencia, y lograr éxito para obtener los datos y tomar las decisiones. La alta inversión para el inicio y el riesgo asociado en la marcha, son habilidades que se deben buscar en empresas o asesores. Al final se obtiene una producción más sostenible, rentabilidad, mayor rendimiento y menor tiempo de retorno.

REFERENCIAS

- Acero Carrión, R. F. (2022). *Modelo esquema para el análisis y tratamiento de la información en empresas ecuatorianas de comercio exterior mediante el uso de BIG DATA*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23637>
- Adhikari, M. S., Ramalingam, K. M., Anand, A., Venkatesan, G. P., Ravi, A. R., & Thakur, N. (2023). IOT Based Precision Agri-Bot. *Proceedings of 5th International Conference on 2023 Devices for Integrated Circuit, DevIC 2023*, 321–324. <https://doi.org/10.1109/DevIC57758.2023.10134959>
- Anand, A., Trivedi, N. K., Gautam, V., Tiwari, R. G., Witarsyah, D., & Misra, A. (2022). Applications of Internet of Things(IoT) in Agriculture: The Need and Implementation. *Proceedings - International Conference Advancement in Data Science, E-Learning and Information Systems, ICADEIS 2022*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICADEIS56544.2022.10037505>
- Arguello Lino, R. E., & Coca Hidalgo, J. L. (2023). *Modelo de datos seguros para el sector inmobiliario en Ecuador utilizando tecnología Blockchain*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25036>
- Arjune, S., & Kumar, V. S. (2023). Precision Agriculture: Influencing factors and challenges faced by farmers in delta districts of Tamil Nadu. *2022 OPJU International Technology Conference on Emerging Technologies for Sustainable Development, OTCON 2022*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/OTCON56053.2023.10113906>
- Bouarourou, S., Zannou, A., Boulaalam, A., & Nfaoui, E. H. (2022). IoT Based Smart Agriculture Monitoring System with Predictive Analysis. *2022 2nd International Conference on Innovative Research in Applied Science, Engineering and Technology, IRASET 2022*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IRASET52964.2022.9738367>
- Calle Tapia, W. D. (2023). *Modelo computacional para la trazabilidad de productos farmacéuticos mediante tecnología BLOCKCHAIN*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24067>
- Campoverde Reyes, E. A. (2023). *Dispositivos inteligentes en seguridad industrial para la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales*.
- Castro Macías, B. A. (2022). *Modelos de seguridad, acciones y protocolos para la prevención de vulnerabilidades de la seguridad de la información mediante las tecnologías IOT Y API RESTFUL*.
- Cruz Calero, G. N. (2022). *Modelo de conexión y datos para el seguimiento de pacientes de hospitales en Ecuador basado en Iot y Blockchain*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23330>
- D B, A. K., N, D., Bairwa, B., C S, A. K., Raju, G., & Madhu. (2023). IoT-based Water Harvesting, Moisture Monitoring, and Crop Monitoring System for Precision Agriculture. *2023 International Conference on Distributed Computing and Electrical Circuits and Electronics (ICDCECE)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICDCECE57866.2023.10150893>
- Escalante Quimis, O. A. (2021). *Prototipo de sistema de seguridad de base de datos en organizaciones públicas para mitigar ataques cibernéticos en Latinoamérica*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20576>
- Espinoza Orbe, A. S. (2022). *Arquitectura colaborativa de datos para monitoreo de equipos industriales basada en Internet of things*.
- Güven, I., & Parlak, M. (2022). Blockchain, AI and IoT Empowered Swarm Drones for Precision Agriculture Applications. *2022 IEEE 1st Global Emerging Technology Blockchain Forum: Blockchain and Beyond, IGETblockchain 2022*. <https://doi.org/10.1109/iGETblockchain56591.2022.10087152>
- Guzmán García, A. A., & López Idrovo, J. M. (2023). *Modelo computacional para el seguimiento de la producción en una industria ecuatoriana basado en Big Data y Business Intelligence*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/25913>
- Gyarmati, G., & Mizik, T. (2020). The present and future of the precision agriculture. *SOSE 2020 - IEEE 15th International Conference of System of Systems Engineering, Proceedings*, 593–596. <https://doi.org/10.1109/SoSE50414.2020.9130481>
- Hartono, R., Fata, R. E., Ulwan, R. F., Iman, R. J. N., Perdana, N. R., & Wulan, R. C. (2022). Development of Prototype Smart Control Systems to Support IoT and LoRA-Based Smart Farming

- in Smart Agriculture Applications. *APICS 2022 - 2022 1st International Conference on Smart Technology, Applied Informatics, and Engineering, Proceedings*, 186–190. <https://doi.org/10.1109/APICS56469.2022.9918778>
- INEC. (2022). *Estadísticas Agrícolas*. Ecuador.
- Janani, K., Gobhinath, S., & Dharanika, T. (2022). An Improved Agriculture Plant Disease Detection and Monitoring Using IOT. *8th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2022*, 1, 621–624. <https://doi.org/10.1109/ICACCS54159.2022.9785109>
- Kaur, H., Shukla, A. K., & Singh, H. (2022). Review of IoT Technologies used in Agriculture. *2022 2nd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering, ICACITE 2022*, 1007–1011. <https://doi.org/10.1109/ICACITE53722.2022.9823520>
- Khanna, A., Jain, S., & Maheshwari, P. (2022). Precision Agriculture for Medicinal Plants: A Conjunction of Technologies. *2022 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications, ICECTA 2022*, 300–304. <https://doi.org/10.1109/ICECTA57148.2022.9990401>
- Leelavinodhan, P. B., Antonelli, F., Vecchio, M., & Maestrini, A. (2020). Energy-neutral weather stations for precision agriculture: Challenges and approaches. *2020 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry, MetroAgriFor 2020 - Proceedings, Dii*, 24–28. <https://doi.org/10.1109/MetroAgriFor50201.2020.9277565>
- Lingudu, P., Majji, N., Sasala, B., Nelli, V. V., Rao, Y. S., & Battula, S. (2022). Edge Assisted Architecture for Performing Precision Agriculture. *2022 IEEE Region 10 Symposium, TENSYPMP 2022*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/TENSYPMP54529.2022.9864332>
- Lokhande, S. A. (2021). Effective use of big data in precision agriculture. *2021 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics, ESCI 2021*, 312–316. <https://doi.org/10.1109/ESCI50559.2021.9396813>
- Maita, F., & Maiolo, L. (2021). Low power Wireless Sensor Network for precision agriculture: A battery-less operation scenario. *2021 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry, MetroAgriFor 2021 - Proceedings*, 75–79. <https://doi.org/10.1109/MetroAgriFor52389.2021.9628772>
- Melendrez-Caicedo, G., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Secure Data Model for the Healthcare Industry in Ecuador Using Blockchain Technology. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 252, 479–489. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8_43
- Memon, K., Umrani, F. A., Baqai, A., & Syed, Z. S. (2023). Comparative Analysis of Techniques Used in Precision Agriculture. *2023 4th International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies: Sustainable Technologies for Socio-Economic Development, ICoMET 2023*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/iCoMET57998.2023.10099182>
- Micheni, E., MacHii, J., & Murumba, J. (2022). Internet of Things, Big Data Analytics, and Deep Learning for Sustainable Precision Agriculture. *2022 IST-Africa Conference, IST-Africa 2022*, 1–12. <https://doi.org/10.23919/IST-Africa56635.2022.9845510>
- Miñan Parrales, W. E. (2022). *Modelo de arquitectura de gestión de la información para la cadena de suministros en empresas de consumo masivo mediante Iot y Blockchain*.
- Misra, N. N., Dixit, Y., Al-Mallahi, A., Bhullar, M. S., Upadhyay, R., & Martynenko, A. (2022). IoT, Big Data, and Artificial Intelligence in Agriculture and Food Industry. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(9), 6305–6324. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.2998584>
- Mohanty, S., & Singh, D. (2023). Optimal Water Utilization in the State of Odisha using Precision Agriculture. *2023 3rd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)*, 1804–1807. <https://doi.org/10.1109/ICACITE57410.2023.10182891>
- Moorthy, K. S., Neeraia, M. P., Pavitra, P., Arivumalar, R., Veeranjanyulu, K., & Murali, S. M. (2023). A Hybrid Data Acquisition Model for Precision Agriculture using IoT, Engineering Nanomaterials and Artificial Intelligence. *7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2023 - Proceedings, Icoei*, 479–485. <https://doi.org/10.1109/ICOEI56765.2023.10125978>
- Mosquera Jarrín, M. J. (2023). *Modelo de información segura para seguimiento de alimentos orgánicos*

- basado en Blockchain. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26646>
- Murali, E., & Anuncia, S. M. (2022). A Survey on Computational Aptitudes towards Precision Agriculture using Data Mining. *3rd International Conference on Smart Electronics and Communication, ICOSEC 2022 - Proceedings, Icosec*, 952–956. <https://doi.org/10.1109/ICOSEC54921.2022.9951960>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Patidar, P. K., Tomar, D. S., Pateriya, R. K., & Sharma, Y. K. (2023). Precision Agriculture: Crop Image Segmentation and Loss Evaluation through Drone Surveillance. *ICSCCC 2023 - 3rd International Conference on Secure Cyber Computing and Communications*, 495–500. <https://doi.org/10.1109/ICSCCC58608.2023.10176980>
- Patil, P., Kestur, R., Rao, M., & Aswath, C. (2023). IoT based Data Sensing System for AutoGrow, an Autonomous greenhouse System for Precision Agriculture. *APSCON 2023 - IEEE Applied Sensing Conference, Symposium Proceedings*, 1–3. <https://doi.org/10.1109/APSCON56343.2023.10101100>
- Pazmiño Sánchez, C. A. (2021). *Protocolo Lora para análisis de medición con GPS y Arduino en la Industria ganadera del Ecuador: Una revisión sistemática*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20340>
- Placidi, P., Papini, N., Delle Vergini, C. V., Mezzanotte, P., & Scorzoni, A. (2022). Capacitive Low-Cost System for Soil Water Content Measurement in the IoT Precision Agriculture. *Conference Record - IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*. <https://doi.org/10.1109/I2MTC48687.2022.9806691>
- Pyngkodi, M., Thenmozhi, K., Karthikeyan, M., Kalpana, T., Palarimath, S., & Kumar, G. B. A. (2022). IoT based Soil Nutrients Analysis and Monitoring System for Smart Agriculture. *3rd International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems, ICESC 2022 - Proceedings, Icesc*, 489–494. <https://doi.org/10.1109/ICESC54411.2022.9885371>
- Pyngkodi, M., Thenmozhi, K., Karthikeyan, M., Nanthini, K., Wilfried Blessing, N. R., Ajay Martin, A., Deepak, P. V., & Jegan, K. (2022). IoT Technologies for Precision Agriculture: A Survey. *Proceedings - 6th International Conference on Computing Methodologies and Communication, ICCMC 2022, Iccmc*, 372–376. <https://doi.org/10.1109/ICCMC53470.2022.9753823>
- Pyngkodi, M., Thenmozhi, K., Nanthini, K., Karthikeyan, M., Palarimath, S., Erajavignesh, V., & Kumar, G. B. A. (2022). Sensor Based Smart Agriculture with IoT Technologies: A Review. *2022 International Conference on Computer Communication and Informatics, ICCCI 2022*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICCCI54379.2022.9741001>
- Raj, K. M., Balaji, N., Vairavel, K. S., Sharmila, P., Azhagumurugan, R., & Jayakushal, S. (2022). IoT Based Agricultural Drones for Pest Control. *2022 1st International Conference on Computational Science and Technology, ICCST 2022 - Proceedings*, 134–137. <https://doi.org/10.1109/ICCST55948.2022.10040457>
- Ribeiro, A. C., Sizo, A., & Reis, L. P. (2023). Investigating the reviewer assignment problem: A systematic literature review. *Journal of Information Science*, 76, 761–827. <https://doi.org/10.1177/01655515231176668>
- Rodríguez Pesantes, R. P. (2021). *Seguridad en dispositivos IOT en Organizaciones de América Latina*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20970>
- Sadu, V. B., Budidha, N., Billewar, S., Pimo, S. J., Kumar, D. R., & Kumar, T. C. A. (2022). Digitalization of agriculture by using the application of IoT and robotics. *International Interdisciplinary Humanitarian Conference for Sustainability, IIHC 2022 - Proceedings*, 183–186. <https://doi.org/10.1109/IIHC55949.2022.10060724>
- Saha, P., Kumar, V., Kathuria, S., Gehlot, A., Pachouri, V., & Duggal, A. S. (2023). Precision Agriculture Using Internet of Things and Wireless Sensor Networks. *2023 International Conference on Disruptive Technologies, ICDT 2023*, 519–522.

- <https://doi.org/10.1109/ICDT57929.2023.10150678>
- Sarath Chandra, D. V., Kaur, G., & Bhattacharya, M. (2023). Smart Irrigation Management System for Precision Agriculture. *2023 International Conference on Advances in Intelligent Computing and Applications, AICAPS 2023*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/AICAPS57044.2023.10074171>
- Sathanapriya, M., Devi, R. P., Sandhya, C., Pokuru, A., Rahman, T. H., Jose, B. K., & Gadde, S. (2022). Analysis of Hydroponic System Crop Yield Prediction and Crop IoT-based monitoring system for precision agriculture. *International Conference on Edge Computing and Applications, ICECAA 2022 - Proceedings, Icecaa*, 575–578. <https://doi.org/10.1109/ICECAA55415.2022.9936473>
- Senthil, S., Kumar, M. R., Kumar, R. S., Jabakumar, A. K., & Madhan, K. (2022). Design and Implementation of Smart Agriculture Management Intelligent Things Using NB-IOT. *Proceedings of the 3rd International Conference on Smart Technologies in Computing, Electrical and Electronics, ICSTCEE 2022*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICSTCEE56972.2022.10100320>
- Sharma, R., Mishra, V., & Srivastava, S. (2023). Enhancing Crop Yields through IoT-Enabled Precision Agriculture. *2023 International Conference on Disruptive Technologies, ICDT 2023*, 279–283. <https://doi.org/10.1109/ICDT57929.2023.10151422>
- Singh, D. K., & Sobti, R. (2021). Role of Internet of Things and Machine Learning in Precision Agriculture: A Short Review. *Proceedings of IEEE International Conference on Signal Processing, Computing and Control, 2021-October*, 750–754. <https://doi.org/10.1109/ISPCC53510.2021.9609427>
- Singla, D., Gupta, D., & Goyal, N. (2022). IoT Based Monitoring for the Growth of Basil Using Machine Learning. *2022 10th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions), ICRITO 2022*, 31–35. <https://doi.org/10.1109/ICRITO56286.2022.9964779>
- Sousa, D., Moutinho, R., Resende, C., Oliveira, J., Soares, M. R., Graca, R., Oliveira, A., Moreira, W., & Carvalho, L. (2023). IoT Sensing for Precision Agriculture. *2023 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops and Other Affiliated Events, PerCom Workshops 2023*, 300–302. <https://doi.org/10.1109/PerComWorkshops56833.2023.10150229>
- Spisic, J., Balen, J., Zagar, D., & Galić, V. (2022). IoT Based Network Model And Sensor Node Prototype For Precision Agriculture Application. *2022 IEEE 8th World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2022*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/WF-IoT54382.2022.10152218>
- Sumarudin, A., Putra, W. P., Puspaningrum, A., Suheryadi, A., Anam, I. S., Yani, M., & Hanif, I. (2022). 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*, 29–33. <https://doi.org/10.1109/ISRITI56927.2022.10052902>
- Thusnavis, B. M. I., Paul, J. J., Beulah, B., & Joanna, J. (2023). Iot Based Weed Detection and Removal in Precision Agriculture. *2nd International Conference on Advancements in Electrical, Electronics, Communication, Computing and Automation, ICAECA 2023*, 5–8. <https://doi.org/10.1109/ICAECA56562.2023.10200751>
- Tondato De Faria, B., Tercete, G. M., & Filev Maia, R. (2022). The effectiveness of IoT and machine learning in Precision Agriculture. *2022 Symposium on Internet of Things, SIoT 2022*, 17–20. <https://doi.org/10.1109/SIoT56383.2022.10070308>
- Vangala, A., Das, A. K., Member, S., Mitra, A., Das, S. K., & Park, Y. (2023). Blockchain-Enabled Authenticated Key Agreement Scheme for Mobile Vehicles-Assisted Precision Agricultural IoT Networks. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 18, 904–919. <https://doi.org/10.1109/TIFS.2022.3231121>
- Viera Vallejo, P. P. (2023). *Modelo de conectividad en la gestión de ventas y pagos para pequeñas empresas basado en IOT*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24176>
- Zamir, M. A., & Sonar, R. M. (2023). Application of Internet of Things (IoT) in Agriculture. *Proceedings of the 8th International Conference on Communication and Electronics Systems, ICCES 2023, Icces*, 425–431. <https://doi.org/10.1109/ICCES57224.2023.10192761>
- Zerega-Prado, J., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Arquitectura de consolidación de la información para

seguros de la salud mediante Big Data. *Memoria Investigaciones En Ingeniería, 0(23 SE-Artículos)*. <https://doi.org/10.36561/ING.23.3>