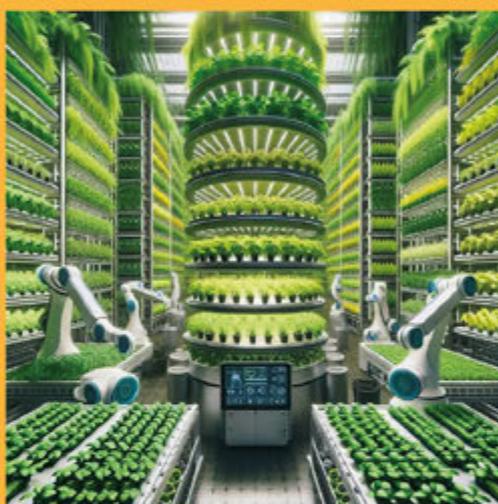


Ciencias e Ingeniería

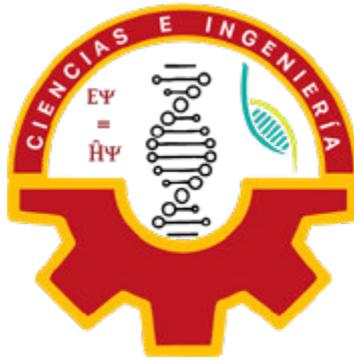
PARA CIUDADANOS

Revista de investigación científica



Lima - Perú

Ciencias e Ingeniería



Volumen I-N°1 Abril 2025

Consejo Editorial

Director

Dr. Francisco Javier Wong Cabanillas

Editor, diseño y traducción

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Diagramador de texto y asistencia de diseño

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

Comité Científico

Dra. Elena Rafaela Benavides Rivera
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Dra. Ysabel Zevallos Parave
Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.
Lima-Peru

Dr. Oscar Rafael Tinoco Gómez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
Lima-Perú

Análisis de los Desafíos y Oportunidades que ofrece la implementación del Internet de las Cosas (IoT) en el marco de la Agricultura 4.0 en el Perú

Srta. Daniela Beatriz Escudero Yupanqui
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: _daniela.escudero@unmsm.edu.pe

Sr. Wilmer Carmona Núñez
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Correo electrónico: wilmer.carmona@unmsm.edu.pe

Resumen: Este artículo examina los desafíos y oportunidades que la implementación de la Agricultura 4.0 ofrece en Perú, con énfasis en el uso del Internet de las Cosas (IoT) para mejorar la eficiencia y sostenibilidad agrícola. La investigación analiza cuatro áreas principales: barreras tecnológicas y de infraestructura, optimización del uso de recursos mediante sistemas IoT, costos económicos para pequeños y medianos agricultores, y brechas en habilidades técnicas de los agricultores. Las barreras de conectividad en áreas rurales y la dependencia de equipos importados limitan la adopción de IoT en el sector agrícola, mientras que el acceso a tecnologías IoT puede optimizar el uso de agua y energía, promoviendo la sostenibilidad en un contexto de cambio climático. Además, se identifican los altos costos iniciales de inversión y mantenimiento, dificultando el acceso para pequeños agricultores, quienes también enfrentan una falta de capacitación técnica en el uso de tecnologías avanzadas. A pesar de estos desafíos, la Agricultura 4.0 representa una oportunidad única para transformar la agricultura peruana, mejorando la competitividad y fomentando un sistema más resiliente ante las crisis ambientales. Este análisis sugiere que, mediante estrategias de financiamiento, cooperativas tecnológicas y programas de capacitación, se puede facilitar la adopción de IoT y maximizar sus beneficios en el sector agrícola peruano.

Palabras clave: Agricultura 4.0/ Internet de las Cosas (IoT)/ Sostenibilidad agrícola/ Desafíos tecnológicos/ Optimización de recursos.

Abstract: This article examines the challenges and opportunities that Agriculture 4.0 offers in Peru, with a focus on the use of the Internet of Things (IoT) to improve agricultural efficiency and sustainability. The research analyzes four main areas: technological and infrastructure barriers, optimization of resource use through IoT systems, economic costs for small and medium-sized farmers, and gaps in farmers' technical skills. Connectivity barriers in rural areas and reliance on imported equipment limit IoT adoption in the agricultural sector, while access to IoT technologies can optimize water and energy use, promoting sustainability in the context of climate change. Additionally, high initial investment and maintenance costs are identified, hindering access for small farmers, who also face a lack of technical training in advanced technologies. Despite these challenges, Agriculture 4.0 represents a unique opportunity to transform Peru-

vian agriculture, enhancing competitiveness and fostering a more resilient system in the face of environmental crises. This analysis suggests that, through financing strategies, technological cooperatives, and training programs, IoT adoption can be facilitated, maximizing its benefits in the Peruvian agricultural sector.

Keywords: Agriculture 4.0/ Internet of Things (IoT)/ Agricultural sustainability/ Technological challenges/ Resource optimization.

Résumé: Cet article examine les défis et opportunités que l'implémentation de l'Agriculture 4.0 offre au Pérou, en mettant l'accent sur l'utilisation de l'Internet des objets (IoT) pour améliorer l'efficacité et la durabilité agricoles. La recherche analyse quatre domaines principaux: les barrières technologiques et d'infrastructure, l'optimisation de l'utilisation des ressources via les systèmes IoT, les coûts économiques pour les petits et moyens agriculteurs, et les lacunes en compétences techniques des agriculteurs. Les obstacles de connectivité dans les zones rurales et la dépendance à l'égard des équipements importés limitent l'adoption de l'IoT dans le secteur agricole, tandis que l'accès aux technologies IoT peut optimiser l'utilisation de l'eau et de l'énergie, favorisant la durabilité dans un contexte de changement climatique. En outre, les coûts initiaux élevés d'investissement et de maintenance compliquent l'accès pour les petits agriculteurs, qui sont également confrontés à un manque de formation technique dans l'utilisation des technologies avancées. Malgré ces défis, l'Agriculture 4.0 représente une opportunité unique pour transformer l'agriculture péruvienne, en améliorant la compétitivité et en favorisant un système plus résilient face aux crises environnementales. Cette analyse suggère qu'à travers des stratégies de financement, des coopératives technologiques et des programmes de formation, l'adoption de l'IoT peut être facilitée, maximisant ainsi ses avantages dans le secteur agricole péruvien.

Mots-clés: Agriculture 4.0/ Internet des objets (IoT)/ Durabilité agricole/ Défis technologiques/ Optimisation des ressources.

1. Introducción

La Agricultura 4.0 en el Perú, que integra tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), drones y sistemas automatizados, promete transformar el sector agrícola, haciéndolo más eficiente y sostenible. Esta revolución tecnológica busca optimizar los recursos naturales y mejorar la productividad, abordando a la vez los desafíos ambientales y económicos del país (Altieri et al., 2017; Saravia et al., 2022).

Así la Agricultura 4.0 ha transformado radicalmente el sector agrícola a nivel global, como el Internet de las Cosas (IoT), que permite monitorear y gestionar los cultivos en tiempo real mediante el uso de sensores y dispositivos conectados. En el contexto peruano, la adopción de IoT en la agricultura presenta tanto desafíos como oportunidades que requieren un análisis desde una perspectiva de la Ingeniería Industrial. El IoT no solo permite la automatización de procesos como el riego y la aplicación de fertilizantes, sino que también facilita una gestión más eficiente de los recursos, mejorando

la productividad y reduciendo los costos operativos (Puntel et al., 2023; Saravia et al., 2022).

No obstante, la implementación de estas tecnologías enfrenta importantes barreras en el Perú por parte de los agricultores para utilizar estos sistemas de manera efectiva (Sotelo et al., 2024). A pesar de estos obstáculos, las soluciones tecnológicas basadas en IoT ofrecen grandes oportunidades para transformar la agricultura peruana, especialmente en un contexto en el que la optimización de recursos y la sostenibilidad son claves para enfrentar los desafíos climáticos del país (Lubag et al., 2023; Altieri et al., 2017).

Por ello, la Agricultura 4.0 representa una oportunidad única para transformar la agricultura peruana en un sistema más eficiente, sostenible y competitivo a nivel global, aunque su adopción a gran escala aún enfrenta importantes barreras. Este artículo analizará desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial los desafíos y oportunidades que plantea la implementación del IoT en la Agricultura 4.0 en el Perú, proporcionando una visión integral de cómo estas tecnologías pueden contribuir a mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sector agrícola en el país.

Pregunta General

P.G. ¿Cuáles son los principales desafíos y oportunidades que plantea la implementación del Internet de las Cosas (IoT) en la Agricultura 4.0 en el Perú?

Preguntas Específicas

P.E.1. ¿Cuáles son las principales barreras tecnológicas y de infraestructura en el Perú que limitan la adopción del IoT en la Agricultura 4.0?

P.E.2. ¿Cómo pueden los sistemas de riego y monitoreo basados en IoT optimizar el uso de recursos hídricos y energéticos en la agricultura del Perú?

P.E.3. ¿Cuáles son los costos económicos que enfrentan los pequeños y medianos agricultores en la implementación de tecnologías IoT, y qué estrategias podrían reducir estos costos?

P.E.4. ¿Cuáles son las principales brechas en las habilidades técnicas de los agricultores peruanos que limitan la adopción de tecnologías IoT en la agricultura?

Objetivo General

O.G. Analizar los principales desafíos y oportunidades de la implementación del Internet de las Cosas (IoT) en la Agricultura 4.0 en el Perú, identificando las barreras tecnológicas, económicas y sociales que limitan su adopción, y las estrategias que optimicen la eficiencia operativa y la sostenibilidad en el sector agrícola.

Objetivos Específicos

O.E.1. Identificar las barreras tecnológicas y de infraestructura que limitan la adopción del IoT en la Agricultura 4.0 en el Perú.

O.E.2. Analizar el impacto de los sistemas de riego y monitoreo basados en IoT en la optimización del uso de recursos hídricos y energéticos en la agricultura del Perú.

O.E.3. Evaluar los costos económicos asociados a la adopción de tecnologías IoT por parte de pequeños y medianos agricultores, y las estrategias para reducir estos costos.

O.E.4. Determinar las brechas en las habilidades técnicas de los agricultores peruanos que limitan la adopción del IoT en la agricultura.

2. Metodología

2.1. Modelo Picoc

Se utilizará la metodología PICOC, herramienta útil para definir claramente los componentes de una investigación y garantizar la formulación de preguntas investigativas enfocadas. Este enfoque es particularmente útil cuando se desea relacionar los problemas identificados con los objetivos específicos de la investigación (Methley et al., 2014). Así, la metodología PICOC permitirá guiar el proceso investigativo de manera sistemática y enfocada, facilitando la obtención de respuestas precisas y accionables para cada una de las preguntas planteadas.

2.2. Palabras clave

En la Tabla 1 se muestra la aplicación de la metodología PICOC a la investigación, proporcionando una visión clara de las palabras clave que guiarán el análisis tanto en español como en inglés.

Tabla N°1: Aplicación de la metodología PICOC en la investigación.

Acrónimo	Palabras clave en español	Palabras clave en inglés
P	Agricultores peruanos, Productos agrícolas	Farms, Peru, Agriculture, Agricultural products,
I	Implementación de tecnologías IoT en la Agricultura 4.0, Innovación tecnológica en agricultura, Optimización de recursos agrícolas con tecnología	IoT technologies, internet of things, Agriculture 4.0, Technological innovation, Optimization agricultural resources
C	Prácticas agrícolas tradicionales sin IoT, Agricultura de precisión en Perú	Traditional agricultural practices, Precision agriculture
O	Eficiencia operativa, reducción de costos, Sostenibilidad agrícola y tecnología	Operational efficiency, cost reduction, Sustainable agriculture
C	Agricultura en Perú, regiones agrícolas, Automatización en procesos agrícolas, Desafíos de la transformación digital en el agro	Agriculture in Peru, South America, Latin America, Automation agricultural processes, Challenges digital transformation

Fuente: Elaboración propia

2.3. Ecuación de búsqueda

Se examinan las palabras clave para facilitar la formulación de la ecuación de búsqueda.

En la Tabla 2 se aprecia la ecuación de búsqueda para la Revisión Sistemática de Literatura (RSL) y la cantidad de resultados obtenidos en la base de datos Scopus.

Tabla N°2: Ecuación de búsqueda y cantidad de resultados en Scopus.

Ecuación generada por Scopus	Resultados
(TITLE-ABS-KEY (peru OR "south america" OR "latin america") AND TITLE-ABS-KEY ("IoT " OR "IoT technologies" OR "internet of things" OR "Agriculture 4.0" OR ("Technological innovation" AND (agriculture OR agricultural OR "Agricultural products" OR farm)) OR "Precision agriculture" OR "Challenges digital transformation" OR "Optimization agricultural resources" OR "Traditional agricultural practices" OR ("Operational efficiency" AND technology AND (agriculture OR agricultural OR "Agricultural products" OR farm)) OR ("Sustainable agriculture" AND technology) OR ("Automation agricultural processes" AND technology)))	297

Fuente: Elaboración propia

2.4. Selección de artículos

Para garantizar que el estudio sea coherente y relevante los criterios de inclusión y exclusión son esenciales, lo que refuerza la validez de los resultados. Los criterios establecidos para este estudio se detallan en la Tabla 3, seleccionados en función de su pertinencia para los objetivos de la investigación.

TablaN°3: Criterios para la selección de Publicaciones.

Criterios de Inclusión	
CI1	Publicaciones relacionadas a la implementación de tecnologías IoT en la Agricultura del Perú y/o América el Sur.
CI2	Publicaciones relacionadas a la innovación tecnológica en la agricultura del Perú y/o América del Sur.
CI3	Publicaciones relacionadas a prácticas agrícolas tradicionales sin innovación tecnológica.
Criterios de Exclusión	
CE1	Publicaciones duplicadas
CE2	Publicaciones con más de 5 años de antigüedad o con restricciones en su acceso.
CE3	Publicaciones que no guardan una relación estrecha con el tema de investigación: se desvían del foco principal o exploran áreas que no son esenciales.

Fuente: Elaboración propia

2.5. Descripción del proceso de selección

Para ello se incluyen los criterios de inclusión y exclusión mencionados en la Tabla 3, los cuáles se usarán en la aplicación de la metodología PRISMA.

La metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) es una herramienta usada en revisiones sistemáticas para asegurar una presentación clara y completa de los estudios analizados. Esto ayuda a sintetizar la evidencia existente y mejorar la calidad de los resultados (Moher et al., 2009).

En la Figura 1 se presenta el Diagrama Prisma aplicada en la investigación, para ello se detalla el proceso de su elaboración:

Identificación

La búsqueda inicial en la base de datos de Scopus produjo 297 publicaciones . Además, mediante una búsqueda en línea complementaria, se identificaron 11 publicaciones , sumando un total de 308 publicaciones .

El primer criterio de eliminación (CE1) se centra en la identificación y exclusión de publicaciones duplicadas. Bajo este análisis se logró identificar 2 publicaciones repetidas, por lo que se proceden a eliminar, quedando 306 publicaciones .

Cribado

Se aplica el segundo criterio de eliminación (CE2), antigüedad y accesibilidad de las publicaciones; de acuerdo a la antigüedad se descartaron las que tenían más de cinco años de antigüedad, ya que en campos de investigación es fundamental considerar estudios recientes. Y respecto a la accesibilidad, se consideraron solo aquellas cuya información estaba disponible en la red, eliminándose así 246 publicaciones dejando un total de 60 artículos que cumplieron con este criterio .

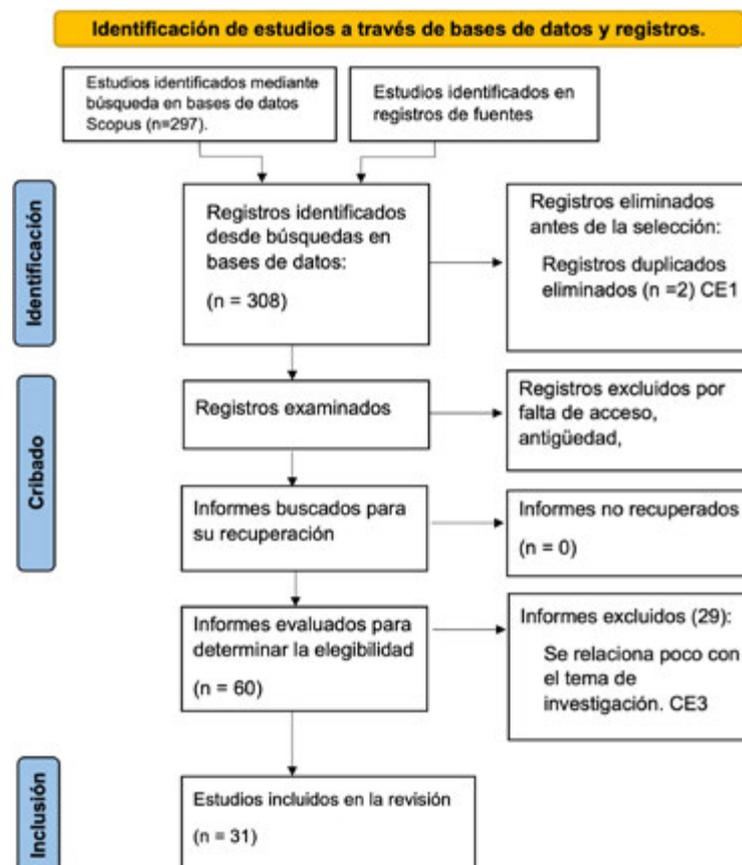
Idoneidad

Se aplica el tercer criterio de eliminación (CE3), descartándose 29 publicaciones , quedando 31 publicaciones para una revisión completa .

Inclusión

De esta manera, se incluyeron 31 publicaciones , las cuales contribuirán al desarrollo y análisis del trabajo de revisión sistemática.

Figura N°1: Diagrama Prisma aplicado en la investigación.



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 4 se muestra la información recopilada y organizada por año de publicación, autores, título y el aporte que genera a nuestra investigación. Se han enumerado así 31 publicaciones.

Tabla N°4: Aportes de las publicaciones para la investigación.

N	AÑO	AUTORES	TÍTULO	APORTES
01	2024	Zapata J. & Lescano L. (Perú)	Avances tecnológicos en alta montaña: Desarrollo de una aplicación de realidad aumentada e IoT para el monitoreo del manto nivoso en el Huascarán, Perú	Muestra cómo la integración de AR (Realidad aumentada) e IoT para monitorear la nieve en el nevado Huascarán puede inspirar aplicaciones similares en la agricultura peruana. Destaca la importancia de datos precisos para la toma de decisiones y presenta la metodología Scrum como un enfoque efectivo para implementar tecnologías IoT. Además, ilustra cómo el monitoreo puede contribuir a una mejor gestión de recursos hídricos, relevante para la sostenibilidad agrícola.
02	2024	Morales A. et al. (Perú)	Impactos socioeconómicos y culturales del cultivo de algodón nativo en las comunidades amazónicas del Alto Urubamba, provincia de La Convención-Cusco, Perú	Destaca la biodiversidad del algodón nativo en comunidades amazónicas de Perú y su relevancia socioeconómica y cultural. La agricultura es la principal fuente de ingresos para la mayoría de los encuestados, aunque enfrentan desafíos como el acceso a semillas de calidad y la falta de conocimientos técnicos, lo que sugiere la necesidad de que se integren prácticas tradicionales y promuevan el desarrollo sostenible, aspectos valiosos para la investigación del IoT en la agricultura.
03	2024	Goigochea D. et al. (Perú)	Modelos de predicción del rendimiento de variedades de arroz utilizando imágenes multiespectrales obtenidas con drones en las tierras bajas de la Amazonía peruana	Destaca cómo la integración de sistemas de información geográfica y vehículos aéreos no tripulados (VANT) puede optimizar el cultivo de arroz. Aunque la aplicación de estas tecnologías es aún limitada en el país, los experimentos realizados con diferentes variedades de arroz revelan que el uso de índices de vegetación permite predecir el rendimiento de manera efectiva. Subrayando la importancia de adoptar tecnologías innovadoras en la agricultura peruana.
04	2024	Navarro D., Villamil J. & Polo S. (Colombia)	Perspectivas de las partes interesadas: un estudio socioagrónomico sobre la adopción de innovación varietal, preferencias y sostenibilidad en el cultivo de arracacha (Arracacia xanthorrhiza B.)	Evalúa los impactos de la variedad de arracacha 'Agrosavia La 22' en Colombia, mostrando mejoras significativas en sostenibilidad y productividad agrícola. Los resultados indican un aumento en el área cultivada y rendimientos más altos, junto con ahorros en costos de insumos y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Estos hallazgos destacan la viabilidad económica y los beneficios sociales y ambientales de innovaciones tecnológicas, lo que puede ser relevante para la investigación sobre la adopción de tecnologías IoT en la agricultura peruana.

05	2024	Varela J. et al. (México)	Aceptación de un sistema IoT para el cultivo de fresas: un estudio de caso de diferentes usuarios	Analiza la aceptación del IoT en un sistema de monitoreo y riego para cultivos de fresa en América del Sur, destacando la baja adopción de estas tecnologías en la región. A través de un sistema se monitorizan variables como la humedad y temperatura, logrando una tasa de aceptación del 80% entre los usuarios, con diferencias notables según el perfil técnico.
06	2024	Chavarry D. & Chavarry W. (Rusia)	Tecnologías digitales en el desarrollo agrícola: la experiencia de los países latinoamericanos	Resalta la importancia de la "agricultura inteligente" y las tecnologías digitales, como el IoT, en la solución de problemas agrícolas en América Latina. Además, aborda las barreras y desafíos económicos y sociales que podrían limitar la adopción de estas tecnologías. También subraya la necesidad de entender y mitigar los riesgos asociados con la digitalización, lo que es relevante para el análisis de brechas en habilidades técnicas y costos económicos.
07	2024	Yauri R. & Mallqui G. (Perú)	Sistema de Control y Visualización IoT con Gemelos Digitales y Realidad Aumentada en un Espacio de Transformación Digital	Resalta cómo las tecnologías IoT, gemelos digitales y realidad aumentada pueden facilitar la adopción de servicios digitales en sectores como la agricultura. Al demostrar un sistema que permite la visualización y el control en tiempo real, proporciona un modelo práctico para mejorar la eficiencia y la transformación digital en contextos con escasos recursos técnicos.
08	2023	Lubag M. et al. (Filipinas)	Impactos diversificados de la habilitación de una cadena de suministro agrícola con tecnología intensiva en la calidad de vida de las comunidades del interior	Resalta cómo las tecnologías disruptivas pueden transformar la cadena de suministro agrícola y mejorar la calidad de vida en comunidades rurales. Al identificar los impactos positivos de herramientas como la agricultura de precisión y el IoT, se ofrece un marco para evaluar cómo estas tecnologías pueden abordar los objetivos de sostenibilidad y eficiencia agrícola en Perú.
09	2023	Saravia D. et al. (Perú)	Predicción del rendimiento de cuatro cultivares de frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>) utilizando índices de vegetación basados en imágenes multiespectrales obtenidas por UAV en una zona árida del Perú	Demuestra la eficacia de los sensores remotos y UAV para mejorar la precisión en la evaluación de cultivos en áreas áridas de Perú, un aspecto clave para abordar la falta de información en el sistema agrícola. La capacidad de predecir el rendimiento de los frijoles mediante imágenes multiespectrales y diversos índices de vegetación resalta la importancia de integrar tecnologías avanzadas para optimizar la producción agrícola y facilitar la toma de decisiones informadas, alineándose con los objetivos de promover la sostenibilidad y eficiencia.
10	2023	Supo J. et al. (Perú)	Implementación de un sistema de monitorización de una instalación fotovoltaica basado en tecnología IoT	Demuestra cómo la implementación de un sistema de monitoreo IoT en un sistema fotovoltaico puede optimizar la supervisión y gestión de la energía renovable en contextos como el de Juliaca, Perú. La integración de tecnologías accesibles y flexibles no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también permite una visualización en tiempo real de datos, lo cual es fundamental para la toma de decisiones informadas en la adopción de energías sostenibles.

11	2023	Puntel L. et al. (Argentina)	¿Qué tan digital es la agricultura en un subconjunto de países de América del Sur? Adopción y limitaciones	Proporciona un análisis detallado sobre el estado actual de la agricultura digital en América del Sur, identificando tanto su potencial como las barreras para su adopción. La información sobre las tecnologías más utilizadas y las limitaciones enfrentadas es crucial para entender el contexto en el que se implementarán soluciones tecnológicas.
12	2022	Saravia D. et al. (Perú)	Predicciones de rendimiento de cuatro híbridos de maíz (Zea mays) utilizando imágenes multiespectrales obtenidas desde drones en la costa del Perú	Destaca la importancia de la evaluación temprana del desarrollo de cultivos para mejorar la rentabilidad agrícola. La predicción del rendimiento utilizando índices de vegetación y el uso de UAVs para monitoreo pueden ofrecer herramientas efectivas para optimizar el manejo de recursos hídricos y nutricionales.
13	2022	Barroso C., Lucas J. & Sotomayor C. (Perú)	Diseño de un sistema de reconocimiento de enfermedades de la caña de azúcar basado en GoogleNet para una aplicación web	Ofrece una solución tecnológica, la implementación de una aplicación web basada en inteligencia artificial que mejora la capacidad de respuesta de los agricultores, permitiendo una detección temprana de enfermedades y reduciendo pérdidas económicas. Además, su alta precisión sugiere que este enfoque puede replicarse para otras enfermedades agrícolas, contribuyendo a la sostenibilidad y rentabilidad del sector.
14	2022	Gumz J. et al. (Brasil)	La influencia social como factor determinante en la aceptación de los medidores inteligentes: hallazgos de Brasil	Explora factores clave que afectan la aceptación de tecnologías IoT, como los medidores inteligentes, en el contexto de América del Sur. Entender las motivaciones y barreras para la aceptación de estas tecnologías es esencial para promover su implementación efectiva y sostenible en la agricultura y otras áreas.
15	2022	Rabanal E. et al. (Perú).	Internet de las Cosas (IoT)-Alcance, Aplicabilidad y Modelos de Comunicación Internet de las Cosas (IoT)-Ámbito de Aplicación y Modelos de Comunicación	Identifica áreas donde el IoT puede ser implementado para mejorar la eficiencia y sostenibilidad, lo que puede guiar la formulación de políticas y estrategias en Perú. Además, ofrece un marco sobre modelos de comunicación que podrían aplicarse en proyectos relacionados con la agricultura y la gestión de recursos, alineándose con sus objetivos de innovación.
16	2021	Manrique J. et al. (Perú)	Predicción de la incidencia de trips en el cultivo de banano orgánico con Machine learning	Ofrece un ejemplo concreto de cómo la tecnología IoT y el aprendizaje automático pueden abordar desafíos agrícolas, como el control de plagas en la producción de banano. La implementación de un sistema de sensores para monitorear variables ambientales y optimizar el uso de insumos es relevante para los objetivos de sostenibilidad y eficiencia en la agricultura.
17	2021	Sandhu H. (Australia)	Transformación de abajo hacia arriba de los sistemas agrícolas y alimentarios.	Destaca la necesidad de un enfoque sostenible en la agricultura que integre consideraciones ambientales, sociales y económicas. Al proponer un nuevo paradigma que enfatice los indicadores locales y regionales, ofrece un marco útil para abordar los desafíos específicos de la agricultura peruana.

18	2021	Esquicha J. & Copa J. (Perú)	Alternativas de Sistemas de Riego IoT para los Jardines de Arequipa	La implementación de sistemas automatizados de riego con tecnología IoT no solo muestra cómo optimizar el consumo de agua, sino que también puede inspirar soluciones para integrar sensores y actuadores en detección de fugas de gas.
19	2021	Corzo G. & Álvarez E. (Colombia)	Estrategias de competitividad tecnológica en conectividad móvil y comunicaciones industria 4.0 en América Latina	Resalta la importancia de la conectividad móvil y la automatización en la implementación de tecnologías de la Industria 4.0 en América Latina. Identifica brechas que podrían ser críticas al desarrollar tu sistema de vigilancia y detección de fugas de gas, ya que una conectividad deficiente puede afectar la eficacia del IoT.
20	2020	Tittonell P. et al. (Argentina)	Agroecología en la agricultura a gran escala: una agenda de investigación	Al abordar la necesidad de tecnologías y políticas que apoyan transiciones sostenibles, ofrece un marco para considerar la implementación de sistemas de vigilancia y detección en la agricultura.
21	2019	Saponara S. & Mihet L. (Italia)	Sistemas de almacenamiento de energía y electrónica de conversión de energía para el transporte eléctrico y la red inteligente	Proporciona un panorama actualizado sobre las innovaciones en sistemas de almacenamiento de energía y conversión de potencia, esenciales para la electrificación del transporte y el desarrollo de redes eléctricas inteligentes.
22	2019	Zartha J. et al. (Colombia)	Prospectiva de la ingeniería agroindustrial al 2035 - Aplicación del método Delphi como dinamizador de cambios curriculares	Identifica prioridades y áreas de interés en el ámbito de la Ingeniería Agroindustrial hacia 2035, centrándose en tecnologías clave como IoT y biotecnología. Proporciona una base para la reestructuración curricular y la innovación en programas académicos.
23	2019	Collado E., Fossatti, A., & Sáez, Y. (Panamá)	Agricultura inteligente: una posible solución hacia una agricultura moderna y sostenible en Panamá	Resalta la necesidad de adaptar tecnologías agrícolas a las condiciones específicas de la región tropical. Además, enfatiza la importancia de la Agricultura Inteligente como estrategia para enfrentar los desafíos del cambio climático y mejorar la producción de alimentos, lo cual es clave para abordar la escasez de recursos.
24	2019	Melgar M. (Guatemala)	Agricultura Digital o Agricultura 4.0	Destaca el papel transformador de la agricultura digital en la cadena de valor agrícola, lo que puede facilitar la implementación de tecnologías innovadoras en contextos locales.
25	2024	Sotelo F. et al. (Perú)	Diseño de un sistema de riego automatizado mediante PLC e Internet de las Cosas para mejorar la producción de maíz en Junín, Perú.	Subraya la necesidad de implementar sistemas de gestión eficiente del agua en la agricultura, especialmente ante el inminente déficit hídrico. Resalta cómo la optimización del uso del agua puede reducir costos de producción y mejorar la productividad agrícola.

26	2020	Rincón C. & Lino A. (Venezuela)	Los nuevos retos del sector agroalimentario: Fintech 3.0, Ag-Tech y FoodTech	Ofrece una visión integral sobre cómo las tecnologías digitales, especialmente en la era FinTech y Ag-Tech, están transformando el sector agroalimentario y los modelos de negocio asociados. Destaca la importancia de comprender los desafíos y oportunidades que surgen de estas innovaciones tecnológicas, lo que es crucial para abordar la productividad y la sostenibilidad en la agricultura latinoamericana.
27	2023	Urquilla A. (El Salvador)	¿Será la Agricultura 4.0 la solución al hambre global?	Ofrece una visión integral sobre la agricultura digital y su intersección con la agricultura de precisión y 4.0, resaltando cómo estas tecnologías pueden optimizar el uso de recursos y mejorar la sostenibilidad en la producción agrícola.
28	2020	Stanley S., Vargas P. & Quilamapu I. (Chile)	Aplicación de la agricultura tecnológica 4.0	Destaca la evolución tecnológica en la agricultura y su relevancia para alcanzar una producción más sostenible y eficiente. Enfatiza cómo la adopción de tecnologías emergentes, como inteligencia artificial y big data, es crucial para mejorar la competitividad y productividad del sector.
29	2021	(España)	Nuevas tecnologías y agricultura 4.0: impacto en los recursos humanos de la industria agrícola en Centroamérica	Evidencia las barreras que enfrenta la implementación de nuevas tecnologías agrícolas en Centroamérica, incluyendo la falta de formación y recursos. Destaca la importancia de políticas públicas que mejoren la capacitación de los productores rurales. Además, proporciona un contexto sobre cómo la falta de apoyo puede obstaculizar la transición hacia la agricultura 4.0.
30	2023	Tovar A. (Colombia)	Agricultura 4.0: uso de tecnologías de precisión y aplicación para pequeños productores	Tecnologías como IoT y machine learning, pueden ser clave para alcanzar metas de desarrollo sostenible, como el objetivo de Hambre Cero. Al identificar los desafíos que van más allá de lo tecnológico, resalta la necesidad de integrar Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) para impulsar el sector agropecuario.
31	2020	Santos S. & Kienzle J. (Italia)	Agricultura 4.0 Start Robótica agrícola y equipos automatizados para la producción agrícola sostenible	Resaltar la importancia de la agricultura 4.0 y la robótica en la modernización de la producción agrícola, especialmente en países en desarrollo. Enfatiza cómo estas tecnologías pueden abordar desafíos como la sostenibilidad ambiental y la resiliencia ante el cambio climático.

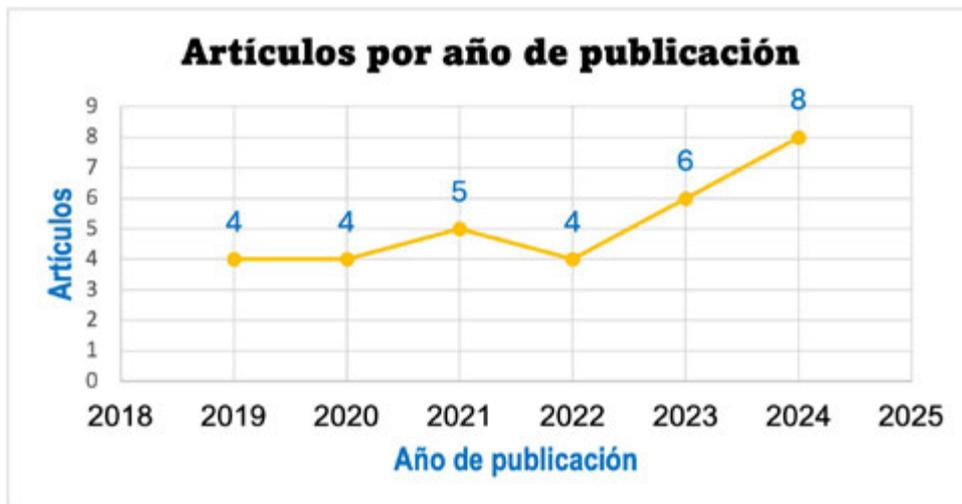
Nota: Elaboración propia

3. Resultados

3.1. Análisis descriptivo de las publicaciones

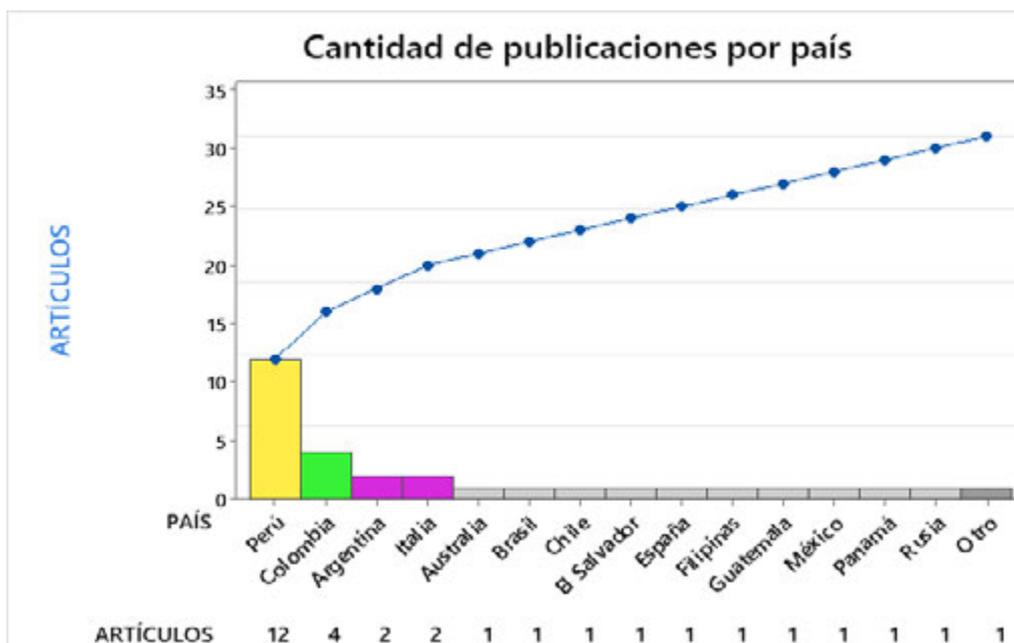
La Figura 2. muestra la distribución de artículos publicados entre los años 2019 y 2024. Esto sugiere un creciente interés en el tema de investigación a lo largo de los años, especialmente entre los últimos dos años, lo que refleja una mayor producción científica reciente relacionada con el campo de estudio.

Figura N°2: Cantidad de publicaciones por año de publicación.



Nota: Elaboración propia

Figura N°3: Diagrama de Pareto de las publicaciones seleccionadas por país de origen.



Nota: Elaboración propia en Minitab.

El diagrama de Pareto presentado en la Figura 3. revela que, como el enfoque principal del estudio es la agricultura 4.0 en Perú, la mayor cantidad de publicaciones proviene de este país (39%). Sin embargo, también hay un aporte significativo de investigaciones extranjeras, estas contribuyen ya sea con estudios basados en el contexto peruano o con literatura que enriquece el tema. Asimismo, diversos países latinoamericanos contribuyen también a la investigación. Esto subraya la relevancia internacional del tema, y cómo las investigaciones de otros países fortalecen el conocimiento sobre agricultura 4.0 en Perú.

3.1.1. Análisis de correlación de los artículos seleccionados

Se efectúa un análisis de correlación entre las preguntas específicas planteadas inicialmente y los artículos seleccionados, que se presentaron en la Tabla. 4 seguidamente, en la Tabla 5 se presenta las preguntas específicas de la investigación y los autores cuyas publicaciones responden a cada una de ellas.

Tabla N°5: Autores que responden a los problemas planteados en la investigación.

P.E.	PREGUNTA ESPECÍFICA	AUTORES
P.E.1.	¿Cuáles son las principales barreras tecnológicas y de infraestructura en el Perú que limitan la adopción del IoT en la Agricultura 4.0?	(Zapata J. & Lescano L., 2024), (Chavarry D. & Chavarry W., 2024), (Rabanal E. et al., 2022), (Varela J. et al., 2024), (Navarro D., Villamil J. & Polo S., 2024), (Santos S. & Kienzle J., 2020), (Supo J. et al., 2023), (Stanley S., Vargas P. & Quilamapu I., 2020).
P.E.2.	¿Cómo pueden los sistemas de riego y monitoreo basados en IoT optimizar el uso de recursos hídricos y energéticos en la agricultura del Perú?	(Sotelo F. et al., 2024), (Esquicha J. & Copa J., 2021), (Supo J. et al., 2023), (Morales A. et al., 2024), (Zapata J. & Lescano L., 2024), (Yauri R. & Mallqui G., 2024), (Saravia D. et al., 2022), (Saravia D. et al., 2023), (Varela J. et al., 2024), (Navarro D. et al., 2024), (Manrique J. et al., 2021), (Collado E., Fossatt, A., & Sáez, Y., 2019), (Urquilla A., 2023).
P.E.3.	¿Cuáles son los costos económicos que enfrentan los pequeños y medianos agricultores en la implementación de tecnologías IoT, y qué estrategias podrían reducir estos costos?	(Varela J. et al., 2024), (Morales A. et al., 2024), (Zapata J. & Lescano L., 2024), (Goigochea D. et al., 2024), (Santos S. & Kienzle J., 2020), (Supo J. et al., 2023), (Chavarry D. & Chavarry W., 2024), (Morales A. et al., 2024), (Tovar A., 2023), (Stanley S., Vargas P. & Quilamapu I., 2020), (Supo J. et al., 2023), (Sandhu H, 2021), (Urquilla A., 2023).
P.E.4.	¿Cuáles son las principales brechas en las habilidades técnicas de los agricultores peruanos que limitan la adopción de tecnologías IoT en la agricultura?	(Morales A. et al., 2024), (Chavarry D. & Chavarry W, 2024), (Varela J. et al., 2024), (Arce Y. et al., 2024), (Rabanal E. et al., 2022), (Navarro D. et al., 2024), (Puntel L. et al., 2023), (Zapata J. & Lescano L, 2024), (Tovar A., 2023), (Supo J. et al., 2023), (Esquicha J. & Copa J., 2021).

Fuente: Elaboración propia

Desarrollo de ejes temáticos

¿Cuáles son los principales desafíos y oportunidades que plantea la implementación del Internet de las Cosas (IoT) en la Agricultura 4.0 en el Perú?

3.1.2. Agricultura 4.0: Conceptos claves.

La Agricultura 4.0 surge como parte de la cuarta revolución industrial, donde la digitalización y el uso de tecnologías avanzadas transforman los procesos productivos. A diferencia de las formas tradicionales de agricultura, la Agricultura 4.0 utiliza tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial (IA), big data y drones para automatizar tareas, recolectar datos, y optimizar la toma de decisiones en tiempo real (Melgar, 2019).

Principales Tecnologías de la Agricultura 4.0

- *Internet de las Cosas (IoT)*: El IoT conecta diversos sensores y dispositivos que recopilan datos en tiempo real sobre el estado del suelo, clima y cultivos. Estos sensores pueden controlar automáticamente el riego, la fertilización, o el uso de pesticidas, optimizando así el uso de los recursos y reduciendo costos innecesarios (Collado et al., 2019).
- *Inteligencia Artificial (IA)*: La IA procesa grandes cantidades de datos generados por los dispositivos IoT y otros sistemas, utilizando algoritmos avanzados para identificar patrones y predecir comportamientos futuros de los cultivos, lo que permite tomar decisiones informadas y personalizadas para cada tipo de cultivo (Zapata & Lescano, 2024).
- *Drones y Vehículos Autónomos*: Los drones se utilizan para la vigilancia aérea de grandes extensiones agrícolas. A través de imágenes multiespectrales y cámaras térmicas, los drones pueden monitorear la salud de los cultivos, detectar áreas afectadas por plagas o enfermedades y optimizar el uso de fertilizantes. Además, los vehículos autónomos ayudan a automatizar tareas como la siembra y la cosecha (Morales et al., 2024).
- *Big Data*: La recopilación de grandes volúmenes de datos provenientes de diversas fuentes (sensores, satélites, maquinaria agrícola) permite a los agricultores analizar de manera exhaustiva la información para optimizar los procesos. El análisis de datos facilita predicciones meteorológicas y recomendaciones específicas para el manejo de cultivos en cada temporada (Chavarry & Chavarry, 2024).

3.1.3. IoT en la Agricultura 4.0: Implementación y Usos

El IoT permite conectar dispositivos y sensores, facilitando la recopilación y el análisis de datos en tiempo real; los que proporcionan información precisa sobre el estado de los cultivos, permitiendo a los agricultores tomar decisiones informadas y automatizar procesos clave (Chavarry & Chavarry, 2024).

Principales Usos del IoT en la Agricultura

- *Monitoreo de Condiciones Ambientales:* Sensores IoT recopilan datos sobre clima y suelo, como la temperatura, la humedad y la radiación solar. Esta información es crucial para optimizar el riego y la aplicación de fertilizantes, evitando desperdicios y maximizando el rendimiento de los cultivos (Zapata & Lescano, 2024).
- *Gestión Inteligente del Riego:* Ajustan automáticamente la cantidad de agua que se suministra a los cultivos, dependiendo de la humedad del suelo y las condiciones atmosféricas. Un caso destacado en Perú (Junín), donde el riego de los cultivos de maíz se gestiona automáticamente, permitiendo su uso eficiente y reduciendo los costos (Sotelo et al., 2024).
- *Control de Plagas y Enfermedades:* Los sensores IoT, junto con cámaras y drones, pueden identificar cambios en la salud de los cultivos, como variaciones en el color o la humedad de las hojas, lo que puede ser un indicador temprano de la presencia de plagas. Esto permite que los agricultores actúen de manera rápida y selectiva, aplicando plaguicidas solo en las áreas afectadas, lo que reduce el uso de productos químicos y los costos asociados (Varela et al., 2024).
- *Automatización de Maquinaria:* Equipos autónomos conectados al IoT, equipados con sensores y conectados a redes, pueden operar de manera autónoma o semiautónoma, aumentando la eficiencia operativa y reduciendo la necesidad de mano de obra intensiva. (Morales et al., 2024).

Ventajas de la Implementación del IoT en la Agricultura

La implementación de IoT en la agricultura trae consigo numerosos beneficios:

- *Eficiencia en el Uso de Recursos:* Ajusta riego y fertilización según las necesidades del cultivo, lo que evita el desperdicio de recursos naturales y reduce el costo de insumos (Sotelo et al., 2024).
- *Mayor Productividad:* El monitoreo en tiempo real de las condiciones del cultivo permite realizar ajustes inmediatos, lo que incrementa la productividad y disminuye la pérdida de cosechas por condiciones adversas.
- *Reducción de Costos:* Al automatizar procesos como el riego y el control de plagas, los agricultores pueden reducir los costos laborales y de insumos, lo que aumenta la rentabilidad del sector agrícola.
- *Sostenibilidad:* El uso eficiente de los recursos y la reducción del uso de químicos contribuyen a una agricultura más sostenible (Zapata & Lescano, 2024).

¿Cuáles son las principales barreras tecnológicas y de infraestructura en el Perú que limitan la adopción del IoT en la Agricultura 4.0?

3.1.4. Desafíos Tecnológicos y de Infraestructura del IoT en la Agricultura

Tras la revisión de las distintas publicaciones se pueden:

- *Falta de conectividad en áreas rurales:* Muchas regiones agrícolas en Perú, especialmente en zonas andinas y amazónicas, tienen acceso limitado a internet o carecen de él por completo (Chavarry & Chavarry, 2024). El Internet de las Cosas requiere redes de comunicación robustas para transmitir los datos de los sensores y otros dispositivos a plataformas de análisis en tiempo real. Sin una conexión estable, los agricultores no pueden utilizar los beneficios del IoT de manera efectiva. La falta de infraestructura digital adecuada es una barrera crítica que afecta la capacidad de los agricultores para implementar soluciones tecnológicas avanzadas, como sensores y dispositivos IoT (Supo et al., 2023).
- *Infraestructura Tecnológica Limitada:* Además de la conectividad, la infraestructura tecnológica en las áreas agrícolas del Perú es insuficiente para soportar la implementación de dispositivos IoT a gran escala. Esto incluye la ausencia de sistemas de energía confiables que alimenten los dispositivos IoT en áreas rurales. Muchas zonas dependen de fuentes de energía poco estables o incluso carecen de esta (Varela et al., 2024).
- *Dependencia de Tecnologías Importadas:* Los equipos y soluciones IoT disponibles en el mercado peruano son mayoritariamente importados, lo que incrementa significativamente su costo. Esta realidad impide que los pequeños y medianos agricultores accedan fácilmente a estas tecnologías (Sotelo et al., 2024). La ausencia de una industria local de tecnología agrícola también contribuye a la brecha tecnológica. Si bien hay avances con algunas soluciones tecnológicas locales, estas son limitadas y no cubren la demanda del sector agrícola (Zapata & Lescano, 2024).
- *Costos de Implementación y Mantenimiento:* El equipamiento IoT para la agricultura, como sensores, drones y plataformas de análisis de datos, representa una inversión significativa, especialmente para los pequeños productores. Además, los costos de mantenimiento y actualización pueden ser prohibitivos si no se cuenta con un modelo de negocio claro que justifique el retorno de la inversión en el corto plazo (Morales et al., 2024).
- *Escasa Capacitación Técnica:* Incluso en las áreas donde se dispone de conectividad y tecnología IoT, los agricultores a menudo carecen de las habilidades necesarias para gestionar y mantener estos sistemas (Chavarry & Chavarry, 2024).

¿Cómo pueden los sistemas de riego y monitoreo basados en IoT optimizar el uso de recursos hídricos y energéticos en la agricultura del Perú?

3.1.5. Impacto del IoT en la Gestión de Recursos en la Agricultura

IoT en la Gestión de recursos

Tras la revisión de las distintas publicaciones se pueden mencionar lo siguiente:

- *Uso Eficiente del Agua en la Agricultura:* El agua es uno de los recursos más críticos en la agricultura, y en el contexto peruano, el uso de sensores IoT en sistemas de riego ha permitido a los agricultores monitorear de forma precisa la humedad del suelo, la evaporación y las condiciones climáticas, lo que les permite ajustar automáticamente el suministro de agua a los cultivos (Zapata & Lescano, 2024). Estos sistemas no solo garantizan que las plantas reciban la cantidad adecuada de agua en el momento óptimo, sino que también previenen el desperdicio de agua, algo crítico en regiones como la costa peruana, donde los recursos hídricos son limitados.
- *Optimización Energética en la Agricultura:* Los sistemas de riego que utilizan IoT son capaces de funcionar de manera más eficiente, reduciendo el consumo de energía al evitar el funcionamiento innecesario de bombas de agua o sistemas de irrigación. En muchas regiones, como las zonas montañosas de Perú, donde la energía puede ser cara y escasa, esta optimización resulta en ahorros significativos de costos para los agricultores (Varela et al., 2024). El IoT también facilita la integración de energías renovables, como la energía solar, para alimentar los sistemas de riego, reduciendo aún más la dependencia de fuentes de energía convencionales.
- *Mitigación de Sequías y Cambios Climáticos:* El cambio climático ha intensificado la frecuencia y severidad de eventos extremos, como sequías, que afectan negativamente a los agricultores. En este sentido, el IoT permite mitigar estos efectos al monitorear en tiempo real las condiciones del suelo y la atmósfera, lo que permite a los agricultores ajustar sus prácticas de riego en respuesta a las condiciones ambientales cambiantes. En el Perú, las sequías son una amenaza constante en muchas regiones agrícolas, y el uso de tecnologías IoT ha demostrado ser una herramienta efectiva para hacer frente a esta situación (Chavarry & Chavarry, 2024).
- *Reducción del Uso de Insumos Agrícolas:* El IoT permite optimizar el uso de insumos agrícolas, como fertilizantes y pesticidas, ya que pueden detectar las necesidades específicas de los cultivos y ajustar la cantidad de insumos aplicados de acuerdo con los datos obtenidos de los sensores. Esto no solo reduce los costos para los agricultores, sino que también minimiza el impacto ambiental de la agricultura, ya que se evitan los excesos en la aplicación de insumos químicos, lo que contribuye a la sostenibilidad del sistema agrícola (Varela et al., 2024).

¿Cuáles son los costos económicos que enfrentan los pequeños y medianos agricultores en la implementación de tecnologías IoT, y qué estrategias podrían reducir estos costos?

Costos Económicos del IoT

3.1.6. Principales costos identificados

De acuerdo a la literatura realizada podemos mencionar los siguientes costos que trae consigo la implementación del IoT.

- *Inversión Inicial en Equipos y Tecnologías:* La implementación del IoT involucra una inversión inicial significativa. Este costo incluye la adquisición de equipos como sensores de humedad, estaciones meteorológicas, drones y sistemas de riego automatizado. Los precios de estos dispositivos pueden variar considerablemente dependiendo de su complejidad y el área de cultivo donde se vayan a utilizar (Supo et al., 2023). La necesidad de tecnologías importadas, que suelen tener un costo elevado debido a aranceles y costos de transporte, encarece aún más el proceso, especialmente para pequeños y medianos agricultores que no disponen de grandes recursos financieros (Morales et al., 2024).
- *Costos de Instalación y Mantenimiento:* Aparte de la inversión en equipos, los agricultores también deben considerar los costos de instalación de la infraestructura IoT. Esto puede incluir la contratación de especialistas para la instalación, así como la configuración de plataformas de gestión de datos, lo que también puede ser costoso en áreas rurales con falta de técnicos especializados. Una vez que los sistemas están en funcionamiento, se necesita un mantenimiento constante para garantizar su operatividad, esto incluye la actualización de software, reemplazo de componentes y servicios técnicos periódicos, generando más costos a largo plazo (Sotelo et al., 2024). En algunos casos, los agricultores también deben invertir en energías alternativas como paneles solares para alimentar los sistemas IoT en áreas donde el acceso a la electricidad es limitado o no confiable. Estos sistemas de energía representan otra fuente de costos a considerar.
- *Capacitación y Adaptación Tecnológica:* Dado que la mayoría de los agricultores no están familiarizados con el uso de tecnologías avanzadas, se requiere de programas de capacitación que los habiliten a operar y mantener los sistemas IoT. Esto implica la contratación de expertos, representando otra carga financiera (Chavarry & Chavarry, 2024). Además, la adaptación tecnológica implica un proceso de aprendizaje tanto para los agricultores como para las comunidades rurales que deben cambiar sus prácticas agrícolas tradicionales por soluciones tecnológicas modernas. Este proceso de adopción y adaptación puede ser lento, lo que añade al costo de la implementación al requerir más tiempo y recursos para su correcta integración.

Barreras para Pequeños y Medianos Agricultores

Los pequeños y medianos agricultores enfrentan mayores dificultades en la adopción de tecnologías IoT debido a los altos costos. A menudo, estos agricultores no cuentan con el acceso a financiamiento adecuado ni a programas de apoyo que les permitan costear la inversión inicial. Además, en Perú, muchos de estos agricultores trabajan en regiones remotas con acceso limitado a infraestructura tecnológica básica, lo que complica aún más la implementación del IoT (Morales et al., 2024).

3.1.7. Estrategias para Reducir costos del IoT

- *Creación de Cooperativas Tecnológicas:* Una de las estrategias más efectivas para reducir los costos de adopción del IoT es la formación de cooperativas tecnológicas, estas permiten a varios agricultores compartir los costos de adquisición, instalación y mantenimiento de equipos IoT, lo que reduce significativamente la carga económica para cada agricultor (Varela et al., 2024). Además, permiten a los agricultores negociar mejores condiciones con los proveedores de tecnología, obtener descuentos por compras en volumen y compartir el uso de sistemas IoT, como drones o estaciones meteorológicas, que pueden cubrir grandes áreas de cultivo.
- *Modelos de Financiamiento Público-Privado:* El establecimiento de modelos de financiamiento público-privado es otra estrategia clave para reducir los costos de implementación, estos modelos de financiamiento combinan recursos del gobierno y el sector privado para ofrecer subsidios, créditos y préstamos a los agricultores que deseen adoptar tecnologías IoT (Chavarry & Chavarry, 2024). El gobierno peruano podría desempeñar un papel crucial mediante la creación de programas de incentivos que cubran parte de los costos de adquisición de equipos y servicios IoT, así como facilitar el acceso a financiamiento a largo plazo con tasas de interés bajas; los cuales pueden orientarse principalmente a los pequeños agricultores. Además, las empresas privadas que proveen tecnologías IoT podrían colaborar ofreciendo paquetes de financiamiento flexible y acuerdos de leasing que reduzcan los pagos iniciales y permitan a los agricultores realizar pagos en función de su producción.
- *Subsidios y Programas Gubernamentales:* El gobierno puede introducir subsidios específicos para la adquisición de equipos IoT, lo que haría que las tecnologías avanzadas sean más accesibles para los agricultores. Una estrategia gubernamental integral también podría incluir programas de capacitación, para que los agricultores aprendan a utilizar las tecnologías IoT de manera efectiva, maximizando así su retorno sobre la inversión y garantizando el uso eficiente de los recursos (Morales et al., 2024). La combinación de financiamiento y capacitación es esencial para asegurar que los agricultores no solo tengan acceso a la tecnología, sino que también sepan cómo usarla de manera productiva y sostenible.
- *Uso de Modelos de Pago por Uso:* En lugar de comprar equipos caros por adelantado, los agricultores pueden acceder a tecnologías IoT mediante contratos de servicios basados en suscripción o pago por uso. Este modelo es particularmente útil en países como Perú, donde muchos agricultores no pueden permitirse hacer grandes inversiones iniciales (Varela et al., 2024). Con este modelo los agricultores

podrían escalar gradualmente el uso del IoT, adaptándolas a sus necesidades y limitando el riesgo financiero.

- *Reducción de Costos mediante la Producción Local de Tecnología:* Fomentar la producción local de tecnologías IoT adaptadas a las necesidades del sector agrícola peruano. Actualmente, gran parte de las tecnologías son importadas, lo que incrementa el costo debido a aranceles, impuestos y gastos de envío (Sotelo et al., 2024). Apoyar a startups y empresas locales en el desarrollo de soluciones IoT más asequibles y adaptadas a las condiciones locales podría reducir significativamente los costos para los agricultores. Este enfoque no solo haría las tecnologías más accesibles, sino que también fomentaría la creación de empleo y el desarrollo de una industria tecnológica agrícola en el país.
- *Alianzas Internacionales para Transferencia de Tecnología:* Una estrategia clave es la formación de alianzas internacionales para la transferencia de tecnología. Organismos internacionales, empresas tecnológicas globales y gobiernos extranjeros pueden jugar un papel importante en facilitar el acceso a tecnologías IoT más económicas mediante acuerdos de transferencia de conocimientos y tecnología. Estas alianzas permiten a los agricultores locales beneficiarse de la expertise global y acceder a soluciones tecnológicas probadas en otros contextos a un costo menor.

¿Cuáles son las principales brechas en las habilidades técnicas de los agricultores peruanos que limitan la adopción de tecnologías IoT en la agricultura?

3.1.8. Brechas Técnicas en la Agricultura 4.0

A continuación, se mencionan las principales brechas técnicas en la agricultura 4.0 identificadas en la investigación:

- *Falta de Capacitación Técnica y Conocimiento Tecnológico:* A diferencia de otros sectores industriales, donde la capacitación técnica está más integrada, en las zonas agrícolas rurales de Perú, muchos agricultores no han tenido acceso a formación tecnológica, lo que dificulta la adopción de tecnologías avanzadas como el IoT (Morales et al., 2024). Este déficit de habilidades incluye la incapacidad de manejar sistemas de monitoreo remoto, sensores de suelo o estaciones meteorológicas conectadas, y herramientas para el análisis de datos. Es así que los agricultores no solo carecen de conocimientos sobre cómo operar estos sistemas, sino también de cómo interpretar los datos para tomar decisiones efectivas en tiempo real.
- *Brecha Digital en Zonas Rurales:* En muchos casos, los agricultores en regiones alejadas no tienen acceso a infraestructura tecnológica básica, como una buena conectividad a internet o a la electricidad estable, lo que exacerba las dificultades de adopción de tecnologías IoT. La falta de infraestructura adecuada también limita el acceso a recursos educativos en línea y oportunidades de capacitación a distancia, lo que contribuye a la perpetuación de la brecha técnica (Sotelo et al., 2024).
- *Barreras Culturales y Tradicionales:* Muchas comunidades agrícolas peruanas dependen de prácticas agrícolas tradicionales que han sido transmitidas de generación en generación. Lo que implica que la adopción de nuevas tecnologías puede no solo enfrentar una barrera técnica, sino también cultural. Los agricultores pue-

den no ver los beneficios de la Agricultura 4.0 o pueden estar reticentes al uso de tecnologías digitales que no comprenden completamente (Chavarry & Chavarry, 2024).

- *Falta de Centros de Formación Especializada:* En Perú, existe una escasez de centros de formación técnica especializados en el uso de tecnologías agrícolas avanzadas. La mayoría de los agricultores dependen de programas de capacitación generalizados que no se enfocan en las habilidades específicas necesarias para manejar las herramientas de la Agricultura 4.0 (Varela et al., 2024).

4. Aportes y Discusión

Las principales barreras tecnológicas y de infraestructura que limitan la adopción del IoT en la Agricultura 4.0 en Perú están relacionadas con la conectividad, la infraestructura tecnológica, la dependencia de tecnologías importadas, los altos costos y la falta de capacitación. Según Chavarry y Chavarry (2024), muchas regiones agrícolas, especialmente en zonas andinas y amazónicas, carecen de acceso a internet confiable, lo que impide el uso efectivo de dispositivos IoT para monitoreo y análisis en tiempo real. Además, como señala Supo et al. (2023), la falta de infraestructura digital adecuada afecta la capacidad de los agricultores para implementar tecnologías avanzadas. En términos de energía, Varela et al. (2024) destacan que la ausencia de sistemas confiables en áreas rurales dificulta el funcionamiento continuo de los equipos IoT. Por otro lado, Sotelo et al. (2024) enfatizan que la dependencia de equipos importados incrementa los costos iniciales, limitando el acceso de los pequeños agricultores. Además, Zapata y Lescano (2024) indican que la falta de una industria tecnológica local agrava esta situación, ya que las soluciones disponibles no cubren la demanda del sector. Finalmente, Morales et al. (2024) subrayan que los altos costos de mantenimiento y actualización, junto con la falta de habilidades técnicas entre los agricultores, como señala Chavarry y Chavarry (2024), constituyen una barrera adicional significativa para la adopción de IoT en el Perú.

Los sistemas de riego y monitoreo basados en IoT representan una herramienta fundamental para optimizar el uso de recursos hídricos y energéticos en la agricultura peruana. Según Zapata y Lescano (2024), el uso de sensores IoT permite monitorear de manera precisa la humedad del suelo, la evaporación y las condiciones climáticas, lo que facilita el ajuste automatizado del riego y garantiza que los cultivos reciban la cantidad de agua adecuada en el momento oportuno, evitando desperdicios, particularmente en regiones como la costa peruana, donde los recursos hídricos son escasos. Por otro lado, Varela et al. (2024) destacan que estos sistemas también mejoran la eficiencia energética al reducir el consumo eléctrico mediante la automatización de bombas y sistemas de irrigación, evitando su funcionamiento innecesario. Asimismo, el IoT promueve la integración de energías renovables, como la energía solar, reduciendo la dependencia de fuentes convencionales y los costos asociados. Según Chavarry y Chavarry (2024), estas tecnologías permiten además mitigar los efectos del cambio climático, ya que los agricultores pueden ajustar sus prácticas de riego en tiempo real frente a eventos climáticos extremos como sequías. Finalmente, Varela et al. (2024) subrayan que el IoT también optimiza el uso de insumos agrícolas al aplicar fertilizan-

tes y pesticidas de manera precisa, lo que no solo reduce costos, sino que minimiza el impacto ambiental, contribuyendo a una agricultura más sostenible y resiliente.

Los pequeños y medianos agricultores en Perú enfrentan significativos costos económicos que limitan su acceso a las tecnologías IoT, desde la adquisición inicial de equipos como sensores y sistemas de riego automatizado, hasta la instalación y mantenimiento de estas infraestructuras, las cuales requieren personal técnico especializado. Según Supo et al. (2023), los elevados precios de las tecnologías importadas, agravados por impuestos y costos de transporte, representan una barrera adicional para los agricultores con recursos limitados. Morales et al. (2024) destacan que esta situación se complica aún más debido a la falta de programas de financiamiento adecuados y la necesidad de energías alternativas, como paneles solares, en áreas rurales con acceso limitado a electricidad. Para enfrentar estas barreras, Varela et al. (2024) sugieren la creación de cooperativas tecnológicas, las cuales permiten compartir costos entre agricultores, optimizando recursos y negociando mejores condiciones con proveedores. Por otro lado, Chavarry y Chavarry (2024) proponen el uso de modelos de financiamiento público-privado y subsidios gubernamentales, los cuales facilitarían el acceso a créditos y leasing para adquirir tecnología IoT. Finalmente, Sotelo et al. (2024) enfatizan la importancia de desarrollar tecnologías locales adaptadas a las necesidades del sector agrícola peruano, lo que no solo reduciría costos, sino que también promovería el desarrollo de una industria tecnológica nacional más accesible y sostenible.

Las brechas en habilidades técnicas representan uno de los mayores desafíos para la adopción del IoT en la agricultura peruana, afectando directamente la capacidad de los agricultores para aprovechar las ventajas de la Agricultura 4.0. Según Morales et al. (2024), la falta de capacitación técnica y conocimientos tecnológicos en las zonas rurales del país impiden que los agricultores operen sistemas avanzados como sensores de humedad, estaciones meteorológicas y plataformas de análisis de datos. Además, Sotelo et al. (2024) señalan que esta brecha técnica se agrava por la brecha digital, ya que muchas áreas carecen de conectividad a internet y acceso a recursos tecnológicos básicos, limitando las oportunidades de aprendizaje en línea. Por otro lado, las barreras culturales identificadas por Chavarry y Chavarry (2024) destacan que las prácticas agrícolas tradicionales en comunidades rurales generan resistencia al cambio, dificultando la integración de tecnologías modernas. Finalmente, Varela et al. (2024) resaltan la falta de centros de formación especializados en tecnología agrícola, lo que obliga a los agricultores a depender de programas de capacitación generalizados que no cubren las habilidades específicas necesarias para manejar herramientas IoT. Estas limitaciones, tanto estructurales como culturales, representan un obstáculo significativo para el avance tecnológico en el sector agrícola del Perú.

5. Conclusiones

En conclusión, la adopción del Internet de las Cosas (IoT) en la Agricultura 4.0 en Perú enfrenta múltiples barreras tecnológicas y de infraestructura que limitan su efectividad. La falta de conectividad y la infraestructura tecnológica insuficiente son los principales obstáculos que impiden el uso de IoT, especialmente en las regiones rurales del país, como las zonas andinas y amazónicas, donde la conectividad a internet es limitada o inexistente. A esto se suman los altos costos de los dispositivos IoT, la dependencia de tecnologías importadas y la falta de capacitación técnica en el manejo de estas tecnologías avanzadas. Los costos de implementación y mantenimiento, que requieren personal especializado y soluciones de energía alternativa, también dificultan la adopción masiva de estas herramientas. Sin embargo, los sistemas de riego y monitoreo basados en IoT ofrecen soluciones efectivas para optimizar el uso de recursos hídricos y energéticos, mejorando la eficiencia y reduciendo el impacto ambiental en un contexto de cambio climático. A pesar de los costos económicos y las brechas en habilidades técnicas, existen estrategias para facilitar la adopción del IoT, como la creación de cooperativas tecnológicas, modelos de financiamiento público-privado y el desarrollo de tecnologías locales. Estas estrategias pueden reducir las barreras y permitir que los agricultores aprovechen los beneficios del IoT para mejorar la sostenibilidad y competitividad del sector agrícola en Perú.

6. Recomendaciones

Para superar las barreras tecnológicas y de infraestructura que limitan la adopción del IoT en la Agricultura 4.0 en Perú, es esencial fomentar la inversión en conectividad y energía en las zonas rurales. Se debe expandir el acceso a redes de telecomunicaciones, utilizando tecnologías como internet satelital o torres de señal, lo que permitirá la transmisión de datos en tiempo real y el uso eficiente de los dispositivos IoT. A la par, la implementación de energías renovables como los paneles solares garantizaría una fuente de electricidad estable en áreas rurales con acceso limitado a la red eléctrica, asegurando el funcionamiento continuo de los sistemas IoT. Además, el fomento de una industria local de tecnología agrícola es clave para reducir la dependencia de equipos importados, lo que disminuiría los costos y adaptaría mejor las tecnologías a las condiciones locales. Combinado con programas de financiamiento, especialmente diseñados para pequeños agricultores, se promovería una adopción más amplia y sostenible de IoT en la agricultura peruana. Para optimizar el uso de recursos hídricos y energéticos, la implementación de sensores IoT es fundamental para monitorear en tiempo real las condiciones del suelo y el clima, ajustando automáticamente el riego para evitar el desperdicio de agua y mejorando la eficiencia energética. La integración de fuentes de energía renovables como la solar también es clave para garantizar un suministro eléctrico confiable. Asimismo, promover cooperativas tecnológicas y programas de financiamiento accesibles ayudaría a reducir los costos iniciales y operativos, permitiendo a los pequeños y medianos agricultores acceder a estas tecnologías de manera más económica. Finalmente, para abordar las brechas de habilidades técnicas, se recomienda el desarrollo de programas de capacitación práctica y accesible, apoyados por plataformas de educación a distancia y alianzas público-privadas que faciliten

la capacitación directa en el campo, permitiendo a los agricultores adaptarse más fácilmente a las nuevas tecnologías.

7. Agradecimiento

Agradecemos profundamente a nuestra universidad por el respaldo académico y los recursos brindados durante el desarrollo de esta investigación. Extendemos nuestro agradecimiento a nuestro asesor, cuya guía y experiencia fueron fundamentales para enriquecer este estudio. También expresamos nuestra gratitud a nuestras familias cuyo apoyo incondicional nos motivó a culminar exitosamente este proyecto. Este trabajo refleja nuestro compromiso como estudiantes de maestría con el avance de la Agricultura 4.0 en el Perú.

8. Literatura citada

- ALTIERI M., NICHOLLS C. & MONTALBA R. (2017). TECHNOLOGICAL APPROACHES TO SUSTAINABLE AGRICULTURE AT A CROSSROADS: AN AGROECOLOGICAL PERSPECTIVE. *SUSTAINABILITY*, 9(3), 349. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/SU9030349](https://doi.org/10.3390/su9030349)
- BARROSO C., LUCAS J. & SOTOMAYOR C. (2022). DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECONOCIMIENTO DE ENFERMEDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR BASADO EN GOOGLNET PARA UNA APLICACIÓN WEB. [HTTPS://DOI.ORG/10.46338/IJETAE0922_08](https://doi.org/10.46338/IJETAE0922_08)
- CHAVARRY D. & CHAVARRY W. (2024). TECNOLOGÍAS DIGITALES EN EL DESARROLLO AGRÍCOLA: LA EXPERIENCIA DE LOS PAÍSES LATINOAMERICANOS. *RUSIA*.
- COLLADO E., FOSSATTI, A., & SÁEZ, Y. (2019). AGRICULTURA INTELIGENTE: UNA POTENCIAL SOLUCIÓN HACIA UNA AGRICULTURA MODERNA Y SOSTENIBLE EN PANAMÁ. *PANAMÁ*. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.3934/AGRFOOD.2019.2.266](http://dx.doi.org/10.3934/AGRFOOD.2019.2.266)
- CORZO G. & ÁLVAREZ E. (2021). ESTRATEGIAS DE COMPETITIVIDAD TECNOLÓGICA EN CONECTIVIDAD MÓVIL Y COMUNICACIONES INDUSTRIA 4.0 EN AMÉRICA LATINA. *ARGENTINA, URUGUAY*. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.4067/S0718-07642020000600183](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000600183)
- ESQUICHA J. & COPA J. (2021). ALTERNATIVAS DE SISTEMAS DE RIEGO IoT PARA LOS JARDINES DE AREQUIPA. *PERÚ*. [HTTPS://DOI.ORG/10.3991/IJIM.V15I22.22653](https://doi.org/10.3991/IJIM.V15I22.22653)
- GOIGOCHEA D. ET AL. (2024). YIELD PREDICTION MODELS FOR RICE VARIETIES USING UAV MULTISPECTRAL IMAGERY IN THE AMAZON LOWLANDS OF PERU. *AGRIENGINEERING*, 6(3), 2955–2969. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/AGRIENGINEERING6030170](https://doi.org/10.3390/AGRIENGINEERING6030170)
- GUMZ J. ET AL. (2022). LA INFLUENCIA SOCIAL COMO FACTOR DETERMINANTE EN LA ACEPTACIÓN DE LOS MEDIDORES INTELIGENTES: HALLAZGOS DE BRASIL. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.RINENG.2022.100510](https://doi.org/10.1016/J.RINENG.2022.100510)

- LUBAG M. ET AL. (2023). DIVERSIFIED IMPACTS OF ENABLING A TECHNOLOGY-INTENSIFIED AGRICULTURAL SUPPLY CHAIN ON THE QUALITY OF LIFE IN HINTERLAND COMMUNITIES. *SUSTAINABILITY*, 15, 12809. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/SU151712809](https://doi.org/10.3390/su151712809)
- MANRIQUE J. ET AL. (2021). PREDICCIÓN DE LA INCIDENCIA DE TRIPS EN EL CULTIVO DE BANANO ORGÁNICO CON MACHINE LEARNING. PERÚ. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.HELIYON.2021.E08575](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08575)
- MELGAR M. (2019). AGRICULTURA DIGITAL O AGRICULTURA 4.0. GUATEMALA.
- METHLEY A. ET AL. (2014). PICOS, PICO, AND SPIDER: A COMPARISON STUDY OF SPECIFICITY AND SENSITIVITY IN THREE SEARCH TOOLS FOR QUALITATIVE SYSTEMATIC REVIEWS. *BMC HEALTH SERVICES RESEARCH*, 14(1), 579. [HTTPS://DOI.ORG/10.1186/S12913-014-0579-0](https://doi.org/10.1186/s12913-014-0579-0)
- MOHER D. ET AL. (2009). PREFERRED REPORTING ITEMS FOR SYSTEMATIC REVIEWS AND META-ANALYSES: THE PRISMA STATEMENT. *PLoS MEDICINE*, 6(7), e1000097. [HTTPS://DOI.ORG/10.1371/JOURNAL.PMED.1000097](https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1000097)
- MORALES A. ET AL. (2024). IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES DEL CULTIVO DE ALGODÓN NATIVO EN LAS COMUNIDADES AMAZÓNICAS DEL ALTO URUBAMBA, PROVINCIA DE LA CONVENCION-CUSCO, PERÚ. PERÚ. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/SU16187953](https://doi.org/10.3390/su16187953)
- NAVARRO D., VILLAMIL J. & POLO S. (2024). PERSPECTIVAS DE LAS PARTES INTERESADAS: UN ESTUDIO SOCIOAGRONÓMICO SOBRE LA ADOPCIÓN DE INNOVACIÓN VARIETAL, PREFERENCIAS Y SOSTENIBILIDAD EN EL CULTIVO DE ARRACACHA. COLOMBIA. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/AGRONOMY14091981](https://doi.org/10.3390/AGRONOMY14091981)
- NUEVAS TECNOLOGÍAS Y AGRICULTURA 4.0: IMPACTO EN LOS RECURSOS HUMANOS DE LA INDUSTRIA AGRÍCOLA EN CENTROAMÉRICA. (2021). ESPAÑA. [HTTPS://REPOSITORIO.COMILLAS.EDU/REST/BITS-TREAMS/436808/RETRIEVE](https://repositorio.comillas.edu/rest/bits-treams/436808/retrieve)
- PUNTEL L. ET AL. (2023). ¿QUÉ TAN DIGITAL ES LA AGRICULTURA EN UN SUBCONJUNTO DE PAÍSES DE AMÉRICA DEL SUR? ADOPCIÓN Y LIMITACIONES. *CROP & PASTURE SCIENCE*, 74(6), 555–572. [HTTPS://DOI.ORG/10.1071/CP21759](https://doi.org/10.1071/CP21759)
- RABANAL E. ET AL. (2022). INTERNET DE LAS COSAS (IoT): ALCANCE, APLICABILIDAD Y MODELOS DE COMUNICACIÓN. PERÚ. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.18687/LACCEI2022.1.1.652](http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.652) [HTTPS://DOI.ORG/10.1051/E3SCONF/202453708014](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202453708014)
- RINCÓN C. & LINO A. (2020). LOS NUEVOS RETOS DEL SECTOR AGROALIMENTARIO: FINTECH 3.0, AGTECH Y FOODTECH. VENEZUELA. [HTTPS://DOI.ORG/10.53766/AGROALIM/2021.26.51.14](https://doi.org/10.53766/AGROALIM/2021.26.51.14)
- SANDHU H. (2021). TRANSFORMACIÓN DE ABAJO HACIA ARRIBA DE LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS Y ALIMENTARIOS. AUSTRALIA. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/SU13042171](https://doi.org/10.3390/su13042171)
- SANTOS S. & KIENZLE J. (2020). AGRICULTURA 4.0: ROBÓTICA AGRÍCOLA Y EQUIPOS AUTOMATIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE. GESTIÓN INTEGRADA DE CULTIVOS, N. 24. ROMA, FAO.

- SAPONARA S. & MIHET L. (2019). SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y ELECTRÓNICA DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA PARA EL TRANSPORTE ELÉCTRICO Y LA RED INTELIGENTE. ITALIA. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/EN12040663](https://doi.org/10.3390/en12040663)
- SARAVIA D. ET AL. (2022). PREDICCIONES DE RENDIMIENTO DE CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ (ZEA MAYS) UTILIZANDO IMÁGENES MULTIESPECTRALES OBTENIDAS DESDE DRONES EN LA COSTA DEL PERÚ. PERÚ, ESPAÑA. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/AGRONOMY12112630](https://doi.org/10.3390/AGRONOMY12112630)
- SARAVIA D. ET AL. (2023). PREDICCIÓN DEL RENDIMIENTO DE CUATRO CULTIVARES DE FRIJOL (PHASEOLUS VULGARIS) UTILIZANDO ÍNDICES DE VEGETACIÓN BASADOS EN IMÁGENES MULTIESPECTRALES OBTENIDAS POR UAV EN UNA ZONA ÁRIDA DEL PERÚ. PERÚ. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/DRONES7050325](https://doi.org/10.3390/DRONES7050325)
- SOTELO, F. ET AL. (2024). DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO MEDIANTE PLC E INTERNET DE LAS COSAS PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN JUNÍN, PERÚ. PERÚ. [HTTPS://CENGICANA.ORG/FILES/2018091813553326.PDF](https://cengicana.org/files/2018091813553326.pdf)
- STANLEY S., VARGAS P. & QUILAMAPU I. (2020). APLICACIÓN DE LA AGRICULTURA TECNOLÓGICA 4.0 [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0001-9502-5830](https://orcid.org/0000-0001-9502-5830)
- SUPO J. ET AL. (2023). IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA BASADO EN TECNOLOGÍA IoT. PERÚ. [HTTPS://10.0.4.64/1742-6596/2538/1/012003](https://10.0.4.64/1742-6596/2538/1/012003)
- TITTONELL P. ET AL. (2020). AGROECOLOGÍA EN LA AGRICULTURA A GRAN ESCALA: UNA AGENDA DE INVESTIGACIÓN. ARGENTINA, FRANCIA. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.3389/FSUFS.2020.584605](http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2020.584605)
- TOVAR A. (2023). AGRICULTURA 4.0: USO DE TECNOLOGÍAS DE PRECISIÓN Y APLICACIÓN PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES. COLOMBIA. [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0003-0701-7561](https://orcid.org/0000-0003-0701-7561)
- URQUILLA A. (2023). ¿SERÁ LA AGRICULTURA 4.0 LA SOLUCIÓN AL HAMBRE GLOBAL? EL SALVADOR.
- VARELA J. ET AL. (2024). ACEPTACIÓN DE UN SISTEMA IoT PARA EL CULTIVO DE FRESAS: UN ESTUDIO DE CASO DE DIFERENTES USUARIOS. ECUADOR, EL SALVADOR, MÉXICO. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/SU16167221](https://doi.org/10.3390/su16167221)
- YAURI R. & MALLQUI G. (2024). SISTEMA DE CONTROL Y VISUALIZACIÓN IoT CON GEMELOS DIGITALES Y REALIDAD AUMENTADA EN UN ESPACIO DE TRANSFORMACIÓN DIGITAL. PERÚ. [HTTPS://DOI.ORG/10.3991/IJOE.V20I04.46773](https://doi.org/10.3991/IJOE.V20I04.46773)
- ZAPATA J. & LESCOANO L. (2024). AVANCES TECNOLÓGICOS EN ALTA MONTAÑA: DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA E IoT PARA EL MONITOREO DEL MANTO NIVOSO EN EL HUASCARÁN, PERÚ. REVISTA DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN AMBIENTES EXTREMOS, 15(2), 45-67. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/SU16187953](https://doi.org/10.3390/su16187953)
- ZARTHA J. ET AL. (2019). PROSPECTIVA DE LA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL AL 2035: APLICACIÓN DEL MÉTODO DELPHI COMO DINAMIZADOR DE CAMBIOS CURRICULARES. COLOMBIA, EE. UU. [HTTP://DX.DOI.ORG/10.18687/LACCEI2019.1.1.43](http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.43)

ÍNDICE DE IMÁGENES



Lima - Perú

De izquierda a derecha

1. <https://www.kevinbriggsphotography.net/https://lavozdeperu.com/peru-en-top-ten-mundial-de-productores-de-cafe-arabica/>
2. <https://www.instagram.com/p/C8yykpGoSVo/?epik=djoyJnU9ZmM-2MHExQ1NVb3RjMFhWbUg3U1RCZIBDeFUyVTRCSTImcDowJm49eX-ZaTUd3YllmaoVGYmUzcGM3RGg1QSZoPUFBQUFBR2dQbEIJ>
3. <https://agraria.pe/noticias/la-naranja-es-el-cultivo-sensacion-en-tacna-32207>
4. <https://larepublica.pe/tag/anchoveta>
5. <https://residuosexpo.com/2025/conferencias/>
6. <https://andina.pe/agencia/noticia-en-region-junin-existe-una-poblacion-mas-88000-alpacas-517221.aspx>

Ciencias e Ingeniería



<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>
Volumen I- N° 1 Abril 2025

Contáctenos en nuestro correo electrónico
cienciaseingenierias@ctscafe.pe

Página Web:
<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>