



Inteligencia Artificial aplicada a la eficiencia logística y exportación de la agroindustria: Revisión sistemática y análisis bibliométrico

Artificial Intelligence applied to the logistical efficiency and export of the agro-industry:
Systematic review and bibliometric analysis

Nayelly Alvarado-Varas^{1,*}; Karla Zavaleta-Guzmán²

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, UNT, 13007, Trujillo, Perú.

² Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

ORCID de los autores

N. Alvarado-Varas: <https://orcid.org/0009-0002-4634-5349>

K. Zavaleta-Guzmán: <https://orcid.org/0000-0001-9993-3510>

RESUMEN

El presente estudio analiza cómo la Inteligencia Artificial está transformando la eficiencia logística y las exportaciones en la agroindustria. Mediante una revisión sistemática de literatura científica (2020–2025) y un análisis bibliométrico con datos de Scopus, se identifican tecnologías como Machine Learning, Deep Learning, IoT y blockchain, las cuales están mejorando la trazabilidad, predicción de demanda y sostenibilidad en la cadena agroalimentaria. Los resultados muestran que países como China, India y Estados Unidos lideran la producción científica en este campo, mientras que regiones como Sudamérica enfrentan limitaciones por falta de infraestructura tecnológica. Las aplicaciones de inteligencia artificial abarcan desde monitoreo en tiempo real y control de calidad, hasta la predicción de cultivos y reducción de pérdidas. El estudio concluye que la inteligencia artificial fortalece la competitividad del sector agroindustrial en mercados internacionales. Se recomienda a los países en desarrollo invertir en infraestructura digital, promover la investigación local y capacitar al personal para cerrar brechas tecnológicas.

Palabras clave: IA; logística; exportaciones; alimento; cienciometría; bibliometría.

ABSTRACT

This study analyzes how Artificial Intelligence is transforming logistics efficiency and exports in the agribusiness sector. Through a systematic review of scientific literature (2020–2025) and a bibliometric analysis using Scopus data, technologies such as Machine Learning, Deep Learning, IoT, and blockchain are identified, which are improving traceability, demand prediction, and sustainability in the agri-food chain. The results show that countries such as China, India, and the United States lead scientific production in this field, while regions such as South America face limitations due to a lack of technological infrastructure. Artificial Intelligence applications range from real-time monitoring and quality control to crop prediction and loss reduction. The study concludes that Artificial Intelligence strengthens the competitiveness of the agribusiness sector in international markets. Developing countries are encouraged to invest in digital infrastructure, promote local research, and train personnel to close technological gaps.

Keywords: AI; logistic; exports; food; cenciometry; bibliometrics.

1. Introducción

En un mundo altamente globalizado, predecir y fomentar la innovación mediante herramientas tecnológicas se ha convertido en un factor clave para mantener una ventaja competitiva (Martinović et al., 2025). La agroindustria no es ajena a esta realidad, aunque ha logrado avances significativos en este ámbito, aún enfrenta desafíos derivados del crecimiento continuo de la población mundial, el cual incrementa la demanda de alimentos y exige mejoras en la distribución, eficiencia, rentabilidad, seguridad y sostenibilidad de las cadenas de suministro (Halder et al., 2025; Olawale et al., 2025). De acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el 30% de los alimentos producidos a nivel global se pierde o desperdicia antes de llegar al consumidor final (Malibari et al., 2023). Estas pérdidas se deben a ineficiencias logísticas, falta de coordinación entre los actores de la cadena de suministro, problemas de trazabilidad y una gestión deficiente de la demanda (Gascón et al., 2023). Estos obstáculos impactan negativamente en la economía de los países, afectando especialmente las exportaciones, donde los estándares de calidad son cada vez más exigentes (Ganeson et al., 2023).

La Inteligencia Artificial (IA) emerge como una herramienta clave para optimizar la precisión de los procesos, reducir costos y muestras, mejorar la eficiencia y permitir el acceso en tiempo real a los parámetros de cada etapa productiva, esto es posible gracias a sus modelos predictivos, que fortalecen la competitividad de la agroindustria en los mercados internacionales (Dilmi et al., 2025; Kyaw et al., 2025; S & Kathirvelan, 2025). Sin embargo, el análisis actual de la IA no solo se limita a sus aplicaciones convencionales, sino en un concepto más avanzado relacionado a la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) que nos permite ampliar las capacidades y conocimientos debido a la amplia gama de entradas y base de datos como texto, gráfico, etc., que se incorporan para entrenar mejor a los algoritmos de los modelos predictivos ante las crecientes amenazas del cambio climático, optimizando el rendimiento, mejorando la calidad y seguridad alimentaria (Banh & Strobel, 2023; Shahriar et al., 2025). Esta capacidad que tiene la IAG amplía significativamente el alcance de la IA tradicional ya que no solo optimiza los procesos ya existentes, sino que además permite crear nuevos escenarios de análisis y fortalecer los modelos predictivos,

ayudando a mejorar la gestión de los procesos en entornos complejos (Chen et al., 2024).

La aplicación de estas tecnologías abarca a diversos sistemas y herramientas basados en IA como los sensores IoT, que monitorean en tiempo real la temperatura y humedad durante la producción y el transporte, o las etiquetas RFID, que mejoran la trazabilidad de los productos, marcando así una diferencia significativa (Arriaga-Lorenzo et al., 2024; Popa et al., 2025). Asimismo, los algoritmos de Deep Learning y Machine Learning se aplican para optimizar procesos productivos y logísticos, ayudando a predecir la demanda (García-Infante et al., 2024; Tupan et al., 2025). De igual forma, los sistemas blockchain están ganando relevancia por su capacidad para garantizar transparencia, sostenibilidad y trazabilidad a lo largo de toda la cadena de suministro, incluidas las exportaciones (Bharathi et al., 2025).

Países como Nueva Zelanda, Corea del Sur y Austria ya han implementado estas tecnologías, logrando reducir costos y aumentar la eficiencia en producción y exportación (Hill, 2024; Kim & Kim, 2024; Wepner et al., 2025). Sin embargo, su adopción no es homogénea a nivel global, regiones como Sudamérica y Europa-Asia (por ejemplo, Kazajistán) enfrentan desafíos para adaptarse debido a la falta de infraestructura digital, lo que limita su capacidad para competir en mercados internacionales (Abdikerimova et al., 2024; Puntel et al., 2022).

Como se puede observar en la Figura 1, la producción de artículos científicos relacionados a la Inteligencia Artificial va aumentando significativamente, por ese motivo, este artículo se realizó con el fin de dar a conocer sobre cómo está influyendo la IA en la agroindustria y la importancia que tiene esta herramienta en el sector. Así mismo, analiza cómo la IA está siendo aplicada para mejorar la eficiencia logística y las exportaciones en los productos agroindustriales, identificando tendencias clave, casos de éxito y posibles desafíos.

El objetivo de este estudio fue realizar una revisión sistemática de la literatura científica de los últimos cinco años (2020-2025) y un análisis bibliométrico en base a los datos encontrados en la plataforma de Scopus, mapeando el estado actual de la investigación, las tecnologías de IA más influyentes y las oportunidades de innovación para garantizar la sostenibilidad de los productos agroindustriales.

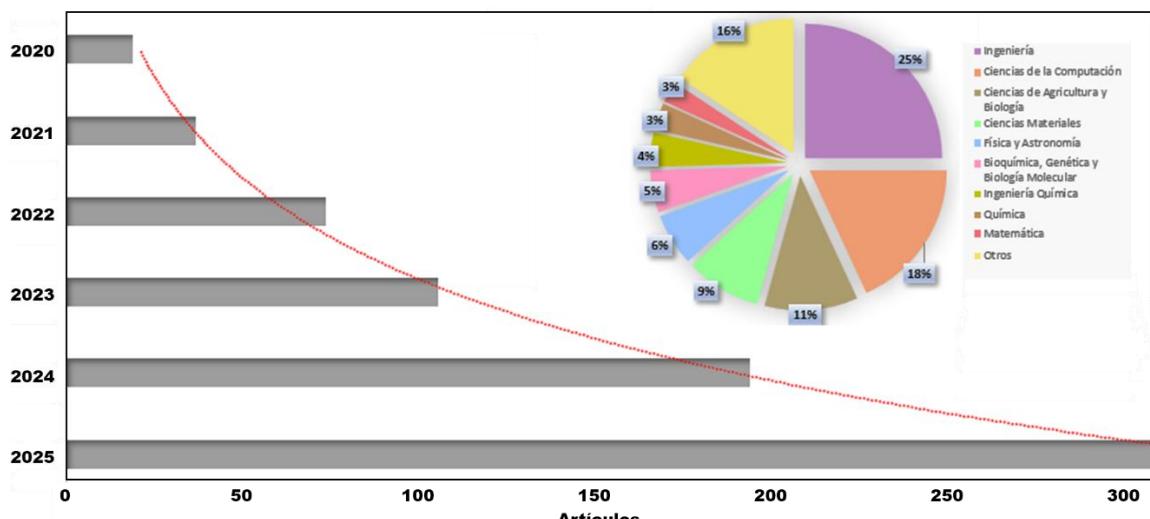


Figura 1. Número de artículos científicos originales publicados desde el año 2020 hasta 2025 sobre la Inteligencia Artificial aplicada en la logística y exportación. Información obtenida de la base de datos Scopus.

Figure 1. Number of original scientific articles published from 2020 to 2025 on Artificial Intelligence applied to logistics and export. Information obtained from the Scopus database.

2. Metodología

Esta revisión bibliográfica de carácter narrativo examina los avances disruptivos de la inteligencia artificial (IA) aplicados a las cadenas de suministro agroindustriales, con el objetivo de analizar su impacto en la mejora de la eficiencia logística y las exportaciones de productos del sector. La investigación se basa en estudios publicados entre 2020 y 2025, seleccionados principalmente de Scopus, reconocida por su rigurosidad editorial y por albergar publicaciones científicas de alto impacto (Alviz-Meza et al., 2023). Si bien se consideraron bases de datos alternativas como Google Scholar, la selección final priorizó artículos indexados en Scopus. Esta plataforma se destaca por su amplia cobertura editorial (más de 7,000 editores) y ofrece funcionalidades avanzadas de filtrado por tipo de documento, palabras clave en título/resumen y rangos temporales específicos. Estas capacidades permiten una adquisición de información más precisa, minimizando potenciales sesgos en la selección de literatura (Indriati et al., 2024). El paso a paso que se siguió para la selección de los artículos considerados en este estudio se puede observar en la Figura 2, en el se muestra que en su mayoría estos vienen siendo investigaciones en inglés, así mismo, respondieron a criterios que permiten enfatizar su impacto científico. De igual forma, se emplearon publicaciones de los últimos cinco años, con el fin de contar con información pertinente que facilite desarrollar discusiones adecuadas y reflexionar sobre la evolución del tema a lo largo del tiempo (Qian et al., 2025). Las palabras que se emplearon

para la búsqueda en el título, resumen y palabras claves de los artículos fueron "AI", "food industry", "logistic" or "export" con fecha de publicación delimitada entre el 2020 al 2025, los únicos tipos de investigaciones que se emplearon fueron artículos originales y en idioma inglés. La ecuación de búsqueda con las delimitaciones indicadas previamente fue la siguiente: TITLE-ABS-KEY ("AI" AND "food" OR "logistic" OR "export") AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (OA , "all")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "AGRI")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Artificial Intelligence") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Machine Learning") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Logistic Regression") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Machine-learning") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Deep Learning") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Decision Trees") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Support Vector Machines") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Learning Systems") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Adversarial Machine Learning") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Internet Of Things") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "AI") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Artificial Intelligence (AI)") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Explainable AI") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Machine Learning Algorithms") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Support Vector Machine") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Food

Industry") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Decision Tree") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Food Industries") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Supply Chains") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Machine Learning Models") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Industry 4.0") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Big Data") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Blockchain") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Prediction") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Supply Chain") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Block-chain") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Food Safety") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Agriculture") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Intelligent Robots") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "SHAP") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "IoT") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Optimization") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "CNN") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Artificial Intelligence Technologies") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Food-safety")). Como resultado de esa ecuación se obtuvo 531 artículos, estos fueron exportados en un archivo CSV, para poder hacerles los análisis de datos respectivos, para ello se emplearon herramientas de software como VOSviewer (versión 1.6.20) y Bibliometrix (versión 5.0), ambos

softwares permiten graficar las conexiones entre las coocurrencias y la red de coautorías, así como también los temas de tendencia y relación entre los países en un mapa mundial indicando en cuál de ellos se investigó más el tema de interés (Kemeç & Altinay, 2023).

3. Análisis bibliométrico

3.1. Producción científica de 2020 a 2025

En la Figura 3 se puede observar que los países con mayor producción científica sobre el tema son aquellos que presentan una tonalidad azul oscuro, siendo estos: China, India y Estados Unidos. En el caso de los dos países asiáticos, el incremento de las investigaciones relacionadas con la IA comenzó a registrarse a partir de la aparición del COVID-19, con el objetivo de encontrar nuevas alternativas para mejorar la logística en la cadena de suministros para la elaboración de alimentos y bebidas, evitando así afectar las importaciones y exportaciones de dichos productos (Memon et al., 2021). De igual forma, Estados Unidos aumentó sus investigaciones en este campo, ya que la IA, además de facilitar un mejor control de la cadena de suministros, también permite una gestión más eficiente de los desperdicios de alimentos (Kumar et al., 2021).

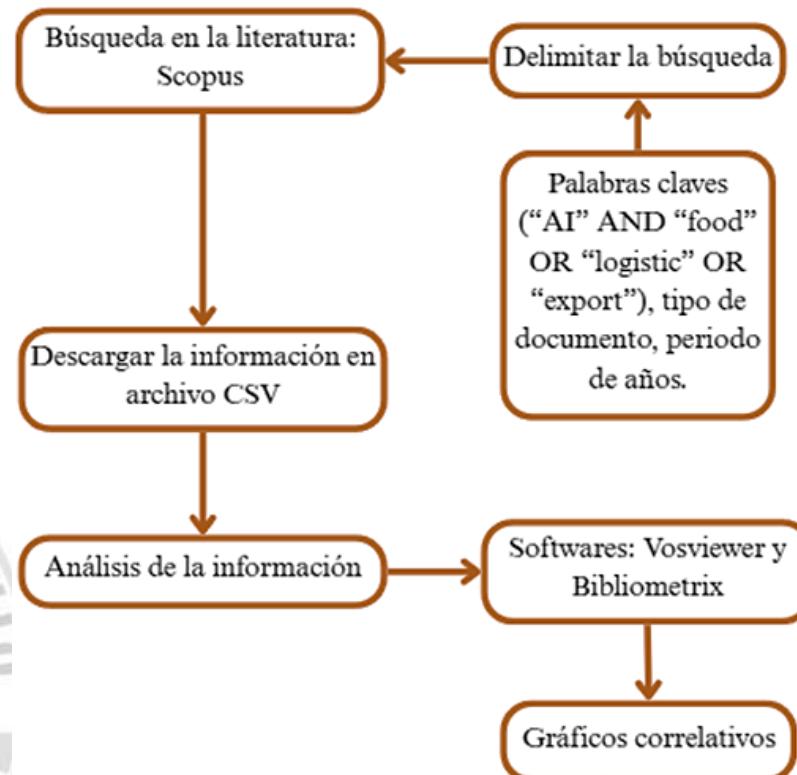
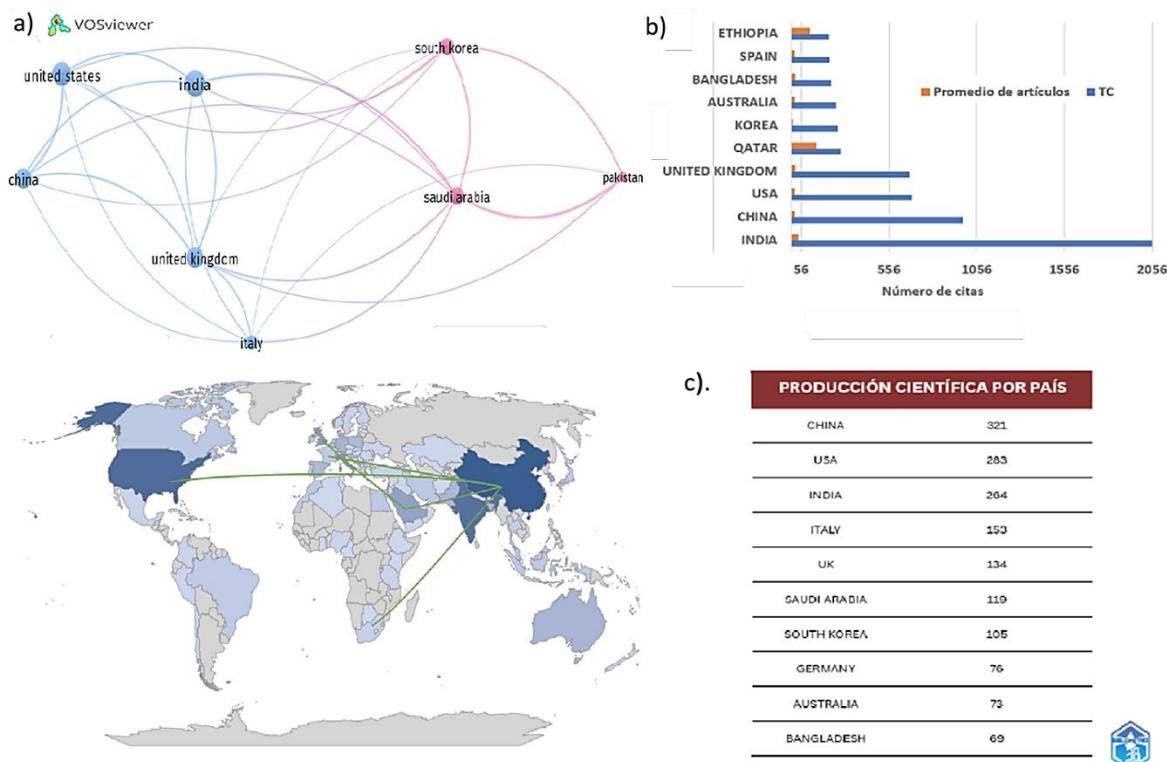


Figura 2. Flujo para la búsqueda y análisis bibliométrico de los resultados.

Figure 2. Flowchart for the search and bibliometric analysis of the results.



En cuanto a los países, como Italia y Reino Unido, se observa una producción científica sustancial, lo cual se debe en gran parte a que consideran que la IA contribuye al desarrollo del país en diversos aspectos (Addanki et al., 2022). Australia, Canadá, Perú, Chile, México, Colombia, Francia, Japón, evidencian una producción científica considerable. Bolivia, Argentina, Laos, Rusia y Honduras muestran una menor elaboración de artículos en comparación con el resto.

3.2. Análisis de coocurrencia de 2020 a 2025

En la Figura 4 se observa la distribución de tres clusters, en los que priman los términos “artificial intelligence”, “machine learning” y “deep learning”, estos nodos principales hacen referencia a núcleos temáticos como es el caso de la Inteligencia Artificial que viene siendo interconectada con tecnologías emergentes Machine Learning, Deep Learning, blockchain, IoT e incluso el uso de sensores con el fin mejorar la transparencia de los procesos en el sector alimentario (Ahamed & Vignesh, 2022).

La conexión entre Artificial Intelligence (cluster celeste), Machine Learning (cluster rosado) e IoT (cluster verde) nos refleja como la combinación de tales herramientas tecnológicas vienen siendo empleadas con el objetivo de mejorar la seguridad y calidad durante la cadena de suministros,

controlar los procesos, evaluar y predecir los posibles riesgos que puedan aparecer durante la elaboración del producto alimenticio (Gbashi & Njobeh, 2024). El empleo de estas tecnologías en los alimentos, conocidas como “food computing” ayudan a tomar decisiones inteligentes y permiten monitorear en tiempo real mediante el uso de sensores con IoT y Edge IA, permitiendo avanzar más en la trazabilidad de los alimentos realizando prácticas sostenibles (Dakhia et al., 2025).

Otros clusters que se pueden apreciar en la Figura 4 son los de “deep learning” (cluster rosado), “computer vision” (cluster morado) y “cnn” (cluster amarillo), la interrelación de estos clusters reflejan como la implementación en conjunto de estas herramientas vienen siendo usadas como una alternativa para realizar análisis rápidos y no destructivos de los nutrientes de los alimentos, esto se da gracias a la base de datos que se implementa a los modelos algorítmicos de Computer Vision y Deep Learning (Kaushal et al., 2024). El hacer un análisis de nutrientes no destructivo no es lo único en lo que se pueden emplear estas tecnologías, sino también se usan para detectar y clasificar las frutas según el grado de madurez que presenten, para ello se utilizan los modelos relacionados a las Redes Neuronales Convolucionales (CNN), Deep Learning y la Inteligencia Artificial (Taneja et al., 2023).

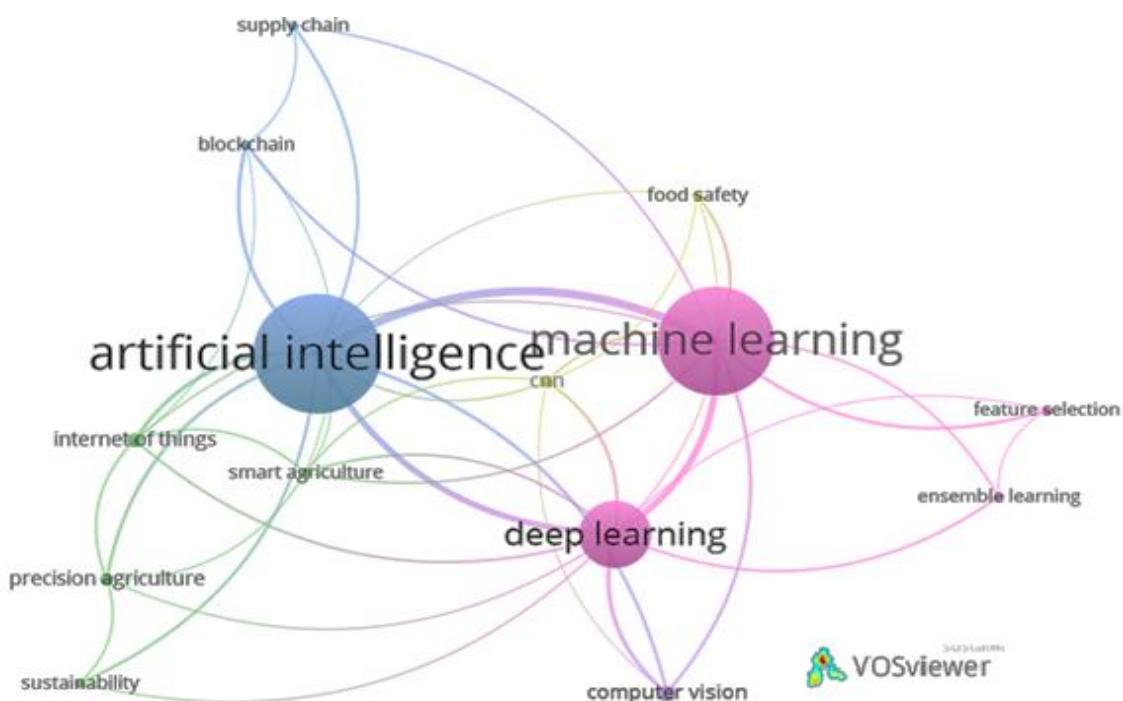


Figura 4. Co-ocurrencia de todas las palabras clave en relación a documentos con la misma palabra clave, considerando el análisis bibliométrico entre 2020 y 2025 utilizando software VOSviewer.

Figure 4. Co-occurrence of all keywords in relation to documents with the same keyword, considering the bibliometric analysis between 2020 and 2025 using VOSviewer software.

4. Aplicaciones de la IA en logística y agroexportación

Como se logra observar en la Figura 5, la inteligencia artificial es una herramienta tecnológica que se está implementando en el sector agroindustrial durante las diferentes áreas para optimizar cada etapa del proceso alimentario, mejorar la trazabilidad y de igual

forma la producción y logística, aumentando la eficiencia, reduciendo los costos y respetando el medio ambiente (Ben Ayed & Hanana, 2021; Rakholia et al., 2025). Al hablar de inteligencia artificial no solo abarcamos a los conceptos tradicionales de esta, sino a la nueva herramienta que viene emergiendo, esta es la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) (Banh & Strobel, 2023).

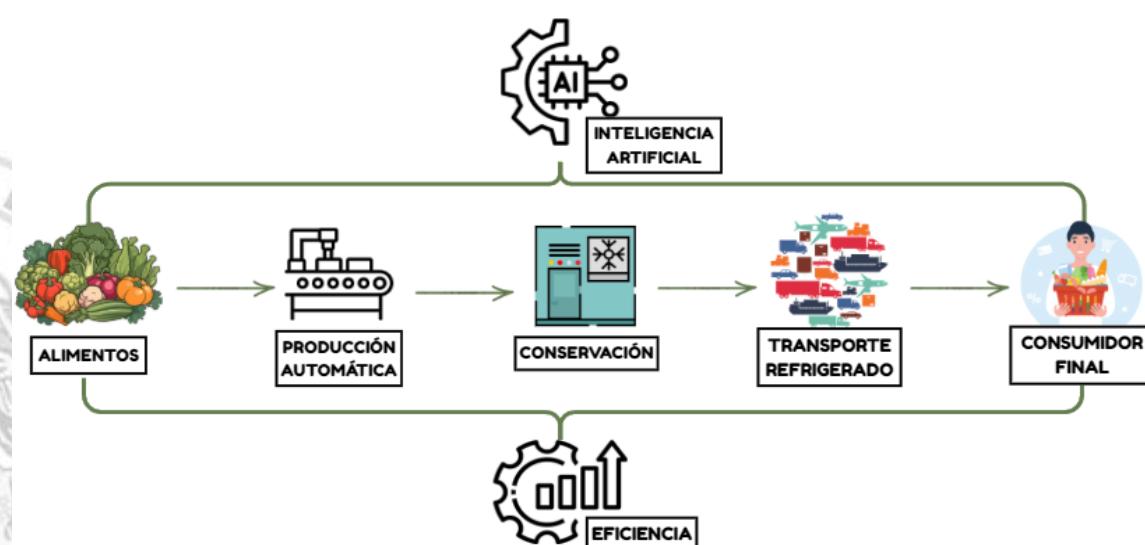


Figura 5. Aplicación de la Inteligencia Artificial en la Cadena Logística y Exportación de procesos agroindustriales.

Figure 5. Application of Artificial Intelligence in the Logistics Chain and Export of agro-industrial processes.

La Inteligencia Artificial Generativa surge gracias a una base de datos previas que posee para crear nuevos datos y soluciones, se suele caracterizar porque usa redes generativas antagónicas (GAN), modelos lingüísticos (LLM), Machine Learning Generativo y Deep Learning Generativo, estos permiten que se puedan sintetizar imágenes, textos y modelos predictivos que imitan y mejoran los procesos (Banh & Strobel, 2023; Shahriar et al., 2025). La aplicación específica de IAG en el sector agroalimentario es un tema novedoso por ende la cantidad de artículos con respecto a ello es menor; sin embargo, del que se pudo encontrar se identificó que la aplicación de esta herramienta tecnológica es para predecir la precisión y optimización del envasado de los alimentos (Liu et al., 2025).

4.1. IA y la logística

La IA y la logística están estrechamente relacionadas en todos los aspectos de la cadena, ya que esta unión permite que la industria alimentaria pueda reducir sus errores y mejorar la precisión aumentando así la eficiencia y disminuyendo el consumo de tiempo (Sharma et al., 2021).

Algunas investigaciones (El Bhilat et al., 2024) indican que esta herramienta contribuye a mejorar la cadena de suministros controlando la seguridad y calidad de los alimentos, además, señalan que la IA utiliza algoritmos de Machine Learning para incrementar la productividad, facilitar una agricultura más precisa, controlar las plagas y seleccionar los productos cosechados. Otra

herramienta tecnológica en la que se está empleando la Inteligencia Artificial (IA) es en el IoT (Internet of Things), al juntar estas dos herramientas permiten crear modelos precisos de activos físicos y productos para poder rastrear los productos perecibles de la cadena de suministro, para ello también se hace uso del sistema Blockchain con el fin de tener un historial completo de los procesos (Vilas-Boas et al., 2023).

4.2. IA y la agroexportación

Se dice que las exportaciones de los productos agropecuarios han mejorado desde la aparición de la IA, ya que esta, se viene usando para tener un control en tiempo real de los procesos, así como los parámetros fisiológicos que se presentan durante la exportación de los alimentos (Neethirajan, 2023).

Debemos tener en cuenta que al hablar de IA en agroexportación, no solo nos referimos a mantener la calidad del producto durante todo el trayecto que conlleva una exportación, sino también, lo relacionamos con el aspecto de predecir la productividad de un producto ya que teniendo esto, se pueden tomar las decisiones oportunas para saber la cantidad de productos a exportar, esto más se suele ver en los cultivos y los países que destacan en este aspecto son los del continente asiático como Bangladesh, Nepal, Tailandia, Japón y Filipinas, en los cuales emplean Red Neuronal Artificial (Marndi et al., 2021). En la Tabla 1 se muestran algunas aplicaciones donde se han empleado la IA y el algoritmo que se ha empleado.

Tabla 1

Aplicación de IA en logística y agroexportación en la industria alimentaria

Table 1

Application of AI in logistics and agro-export in the food industry

Aplicación	Algoritmo con IA	Resultado	Referencia
Optimización de rutas logísticas para exportación agroalimentaria	Algoritmos genéticos y redes neuronales artificiales	Reducción de tiempos de entrega y costos logísticos en cadenas agroexportadoras.	Cortez-Clavo et al. (2025)
Predicción de demanda para planificación de exportaciones agroalimentarias	Modelos de Machine Learning (Random Forest, Support Vector Machine)	Mejora la precisión de la planificación logística y reducción de desperdicios.	Taneja et al. (2023)
Mejora de la eficiencia en el manejo de residuos y sostenibilidad en cadenas de suministro en frío mediante tecnologías de la industria 4.0	Inteligencia Artificial, Internet de las Cosas (IoT), uso de modelos predictivos y blockchain.	Reducción de los residuos alimentarios, monitoreo en tiempo real en las cadenas de frío, mayor transparencia y contribuye a los ODS	Fatorachian & Pawar (2025)
Automatización y mejora de la cadena de suministro en empresas exportadoras de banano	Herramientas de inteligencia artificial que apoyan a la toma de decisiones	Optimización de procesos logísticos y operativos, mejora en la eficiencia de la cadena de suministro, fortaleciendo la competitividad de las empresas	Basurto & Cazorla (2025)

5. Desafíos de la aplicación de la IA

Los países en desarrollo son a los que más se les dificulta implementar el uso de la Inteligencia Artificial en sus procesos debido a la falta de una infraestructura eficiente para el almacenamiento y el transporte que viene a ser el principal factor (Vilas-Boas et al., 2023).

Otro desafío que se tiene en cuenta para la implementación de esta herramienta tecnológica viene a ser los conocimientos cibernéticos, especialmente lo que respecta a ciberseguridad, esto se debe principalmente a que la implementación de esta herramienta suele atraer a piratas informáticos que crean un riesgo para la industria (Sharma et al., 2021).

A pesar de ello se espera que a futuro estos desafíos se puedan superar para que el sector agroindustrial crezca homogéneamente en todos los países, mejorando la logística, calidad de los alimentos y por ende las exportaciones de estos, como se muestra en la Figura 6.

6. Conclusión y recomendaciones

La implementación de la Inteligencia Artificial en la agroindustria ha demostrado ser efectiva para mejorar la eficiencia logística, aumentando así la competitividad en el mercado internacional, especialmente mediante el uso de tecnologías como blockchain, algoritmos de predicción con Machine Learning y IoT. Así mismo, durante la

revisión se observó que los países con más investigaciones con respecto a este tema son China, India y Estados Unidos; sin embargo, algunos países de Sudamérica y Europa sus investigaciones sobre IA en la agroindustria son limitadas, reflejando así las brechas significativas en investigación.

En este contexto, se recomienda que los países en desarrollo inviertan en infraestructura digital, promover la investigación local y capacitar al personal con el fin de otorgar mayor importancia al tema, y así poder cerrar las brechas tecnológicas existentes con el fin de potenciar la aplicación de la Inteligencia Artificial en la logística y agroexportación de los productos agroindustriales. Dado que estas tecnologías serán cada vez más utilizadas en diversas industrias. Asimismo, el análisis de la literatura revela vacíos de investigaciones relacionados con la implementación de sistemas de IA en contextos reales de cadenas agroindustriales, especialmente en economías emergentes.

Finalmente, aunque la Inteligencia Artificial Generativa represente un alto potencial para las industrias, su aplicación específica en la optimización logística y en los procesos de agroexportación aún es incipiente. Por ende, se sugiere a las futuras investigaciones poder orientarse al desarrollo de modelos generativos aplicados a la planificación logística y predicción de escenarios de exportación.

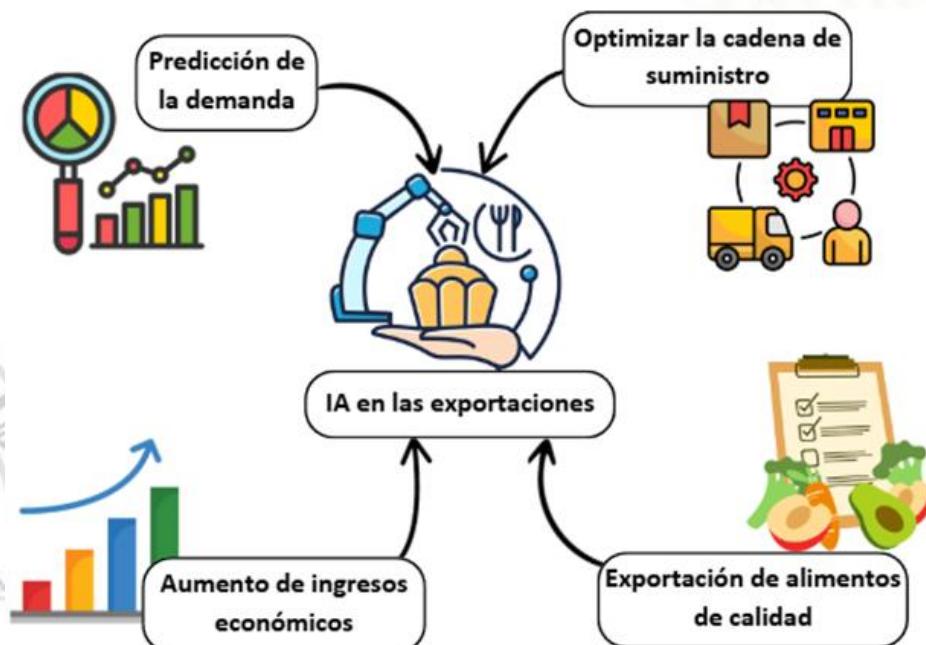


Figura 6. El futuro de la IA en las exportaciones agroalimentarias.

Figure 6. The future of AI in agri-food exports.

Referencias bibliográficas

- Abdikirimova, G., Yesbolova, A., Moldabekov, B., Kulanova, D., & Seidakhmetov, M. (2024). Economic assessment of the state of livestock industry in Kazakhstan: Prerequisites for the creation of a meat hub. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.51599/are.2024.10.01.02>
- Addanki, M., Patra, P., & Kandra, P. (2022). Recent advances and applications of artificial intelligence and related technologies in the food industry. *Applied Food Research*, 2(2), 100126. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100126>
- Ahamed, N. N., & Vignesh, R. (2022). Smart Agriculture and Food Industry with Blockchain and Artificial Intelligence. *Journal of Computer Science*, 18(1), 1-17. <https://doi.org/10.3844/jcspp.2022.1.17>
- Alviz-Meza, A., Orozco-Agámez, J., Quinayá, D. C. P., & Alviz-Amador, A. (2023). Bibliometric Analysis of Fourth Industrial Revolution Applied to Material Sciences Based on Web of Science and Scopus Databases from 2017 to 2021. *ChemEngineering*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/chemengineering7010002>
- Arriaga-Lorenzo, P., Maldonado-Simán, E., Ramírez-Valverde, R., Martínez-Hernández, P. A., Tirado-González, D. N., & Saavedra-Jiménez, L. A. (2024). MEAT COLD CHAIN MANAGEMENT IN MEXICAN SUPERMARKETS. *Theory and Practice of Meat Processing*, 9(2), 100-107. Scopus. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2024-9-2-100-107>
- Banh, L., & Strobel, G. (2023). Generative artificial intelligence. *Electronic Markets*, 33(1), 63. <https://doi.org/10.1007/s12525-023-00680-1>
- Basurto, A. E. L., & Cazorla, F. A. P. (2025). El impacto de la inteligencia artificial para la automatización en las cadenas de suministro de las empresas exportadoras de banano. *Dominio de las Ciencias*, 11(3), 1025-1046. <https://doi.org/10.23857/dc.v11i3.4504>
- Ben Ayed, R., & Hanana, M. (2021). Artificial Intelligence to Improve the Food and Agriculture Sector. *Journal of Food Quality*, 2021(1), 5584754. <https://doi.org/10.1155/2021/5584754>
- Bharathi S. V., Perdana ,Arif, Vivekanand, T. S., Venkatesh ,V. G., Cheng ,Yang, & Shi, Y. (2025). From ocean to table: Examining the potential of Blockchain for responsible sourcing and sustainable seafood supply chains. *Production Planning & Control*, 36(7), 950-969. <https://doi.org/10.1080/09537287.2024.2321291>
- Chen, D., Jefferson, C., Hix, J., Qin, N., & Cao, Y. (2024). Exploring Generative Artificial Intelligence (GAI): Business Professionals' Surveys and Perceptions on GAI. *Journal of Behavioral and Applied Management*, 24(2). <https://doi.org/10.21818/001c.122143>
- Cortez-Clavo, L. K., Salazar-Muñoz, M. I., Morán-Santamaría, R. O., Cortez-Clavo, L. K., Salazar-Muñoz, M. I., & Morán-Santamaría, R. O. (2025). Digitalisation to Improve Automated Agro-Export Logistics: A Comprehensive Bibliometric Analysis. *Sustainability*, 17(10). <https://doi.org/10.3390/su17104470>
- Dakhia, Z., Russo, M., & Merenda, M. (2025). AI-Enabled IoT for Food Computing: Challenges, Opportunities, and Future Directions. *Sensors*, 25(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/s25072147>
- Dilmi, W., El Ferik, S., Ouerdane, F., Khaldi, M. K., & Saif, A.-W. A. (2025). Technical Aspects of Deploying UAV and Ground Robots for Intelligent Logistics Using YOLO on Embedded Systems. *Sensors*, 25(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/s25082572>
- El Bhilat, E. M., El Jaouhari, A., & Hamidi, L. S. (2024). Assessing the influence of artificial intelligence on agri-food supply chain performance: The mediating effect of distribution network efficiency. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123149. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123149>
- Fatorachian, H., & Pawar, K. (2025). Waste efficiency in cold supply chains through industry 4.0-enabled digitalisation. *International Journal of Sustainable Engineering*, 18(1), 2461564. <https://doi.org/10.1080/19397038.2025.2461564>
- Ganeson, K., Mourya, G. K., Bhubalan, K., Razifah, M. R., Jasmine, R., Sowmiya, S., Amirul, A.-A. A., Vigneswari, S., & Ramakrishna, S. (2023). Smart packaging - A pragmatic solution to approach sustainable food waste management. *Food Packaging and Shelf Life*, 36, 101044. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2023.101044>
- García-Infante, M., Castro-Valdecantos, P., Delgado-Pertíñez, M., Teixeira, A., Guzmán, J. L., & Horcada, A. (2024). Effectiveness of machine learning algorithms as a tool to meat traceability system. A case study to classify Spanish Mediterranean lamb carcasses. *Food Control*, 164, 110604. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110604>
- Gascón, J., Larrea-Killinger, C., & Solà, C. (2023). Food Waste and Power Relations in the Agri-Food Chain. The Fruit Sector in Lleida (Catalonia, Spain). *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 36(2), 13. <https://doi.org/10.1007/s10806-023-09908-8>
- Gbashi, S., & Njobeh, P. B. (2024). Enhancing Food Integrity through Artificial Intelligence and Machine Learning: A Comprehensive Review. *Applied Sciences*, 14(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/app14083421>
- Halder, S., Rafiqul Islam, M., Mamun, Q., Mahboubi, A., Walsh, P., & Zahidul Islam, M. (2025). A comprehensive survey on AI-enabled secure social industrial Internet of Things in the agri-food supply chain. *Smart Agricultural Technology*, 11, 100902. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100902>
- Hill, J. (2024). Science, technology, and innovation in the dairy sector. *International Journal of Food Science & Technology*, 59(9), 6717-6723. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17385>
- Indriati, S. P., Saputro, D. R., & Widyaningsih, P. (2024). THE BIBLIOMETRIC NETWORK TO IDENTIFY RESEARCH TRENDS IN MULTI-INPUT TRANSFER FUNCTION. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 18(3), Article 3. <https://doi.org/10.30598/barekengvol18iss3pp1931-1938>
- Kaushal, S., Tammineni, D. K., Rana, P., Sharma, M., Sridhar, K., & Chen, H.-H. (2024). Computer vision and deep learning-based approaches for detection of food nutrients/nutrition: New insights and advances. *Trends in Food Science & Technology*, 146, 104408. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104408>
- Kemeç, A., & Altinay, A. T. (2023). Sustainable Energy Research Trend: A Bibliometric Analysis Using VOSviewer, RStudio Bibliometrix, and CiteSpace Software Tools. *Sustainability*, 15(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/su15043618>
- Kim, Y., & Kim, S. (2024). Automation and Optimization of Food Process Using CNN and Six-Axis Robotic Arm. *Foods*, 13(23), Article 23. <https://doi.org/10.3390/foods13233826>
- Kumar, I., Rawat, J., Mohd, N., & Husain, S. (2021). Opportunities of Artificial Intelligence and Machine Learning in the Food Industry. *Journal of Food Quality*, 2021(1), 4535567. <https://doi.org/10.1155/2021/4535567>
- Kyaw, K. N. C., Chao, K. C., & Inazumi, S. (2025). Integration of FEM-based permeation analysis and AI-based predictive models for improved chemical grout permeation assessment in heterogeneous soils. *Results in Engineering*, 26, 105071. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105071>
- Liu, Y., Guo, L., Hu, X., & Zhou, M. (2025). Sensor-Integrated Inverse Design of Sustainable Food Packaging Materials via Generative Adversarial Networks. *Sensors*, 25(11), Article 11. <https://doi.org/10.3390/s25113320>
- Malibari, A., Alsawah, G., Saleh, W., & Lashin, M. M. A. (2023). Analysis of Attitudes towards Food Waste in the Kingdom of Saudi Arabia Using Fuzzy Logic. *Sustainability (Switzerland)*, 15(4). Scopus. <https://doi.org/10.3390/su15043668>
- Mamdi, A., Ramesh, K. V., & Patra, G. K. (2021). Crop production estimation using deep learning technique. *Current Science*, 121(8), 1073. <https://doi.org/10.18520/cs/v121/i8/1073-1079>
- Martinović, M., Dokic, K., & Pudić, D. (2025). Comparative Analysis of Machine Learning Models for Predicting Innovation Outcomes: An Applied AI Approach. *Applied Sciences*, 15(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/app15073636>
- Memon, S. U. R., Pawase, V. R., Pavase, T. R., & Soomro, M. A. (2021). Investigation of COVID-19 Impact on the Food and Beverages Industry: China and India Perspective. *Foods*, 10(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/foods10051069>
- Neethirajan, S. (2023). Artificial Intelligence and Sensor Technologies in Dairy Livestock Export: Charting a Digital

- Transformation. *Sensors*, 23(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/s23167045>
- Olawale, R. A., Olawumi, M. A., & Oladapo, B. I. (2025). Sustainable farming with machine learning solutions for minimizing food waste. *Journal of Stored Products Research*, 112, 102611. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2025.102611>
- Popa, C., Stefanov, O., & Goia, I. (2025). Multimodal Livestock Operations Analysis Using Business Process Modeling: A Case Study of Romanian Black Sea Ports. *Economies*, 13(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/economies13030069>
- Puntel, L. A., Bofle, É. L., Melchiori, R. J. M., Ortega, R., Tiscornia, G., Roel, A., Scaramuzza, F., Best, S., Berger, A. G., Hansel, D. S. S., Palacios Durán, D., & Balboa, G. R. (2022). How digital is agriculture in a subset of countries from South America? Adoption and limitations. *Crop & Pasture Science*, 74(6), 555-572. <https://doi.org/10.1071/CP21759>
- Qian, C., Yang, H., Acharya, J., Liao, J., Ivanek, R., & Wiedmann, M. (2025). Initializing a Public Repository for Hosting Benchmark Datasets to Facilitate Machine Learning Model Development in Food Safety. *Journal of Food Protection*, 88(3), 100463. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2025.100463>
- Rakholia, R., Suárez-Cetrulo, A. L., Singh, M., & Carbajo, R. S. (2025). AI-Driven Meat Food Drying Time Prediction for Resource Optimization and Production Planning in Smart Manufacturing. *IEEE Access*, 13, 22420-22428. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3534918>
- S, A., & Kathirvelan, J. (2025). Computer vision-based detection and classification of chemically ripened bananas and papayas at vendor site through deep learning AI models using real-time dataset. *Results in Engineering*, 26, 104730. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104730>
- Shahriar, S., Corradini, M. G., Sharif, S., Moussa, M., & Dara, R. (2025). The role of generative artificial intelligence in digital agri-food. *Journal of Agriculture and Food Research*, 20, 101787. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101787>
- Sharma, S., Gahlawat, V. K., Rahul, K., Mor, R. S., & Malik, M. (2021). Sustainable Innovations in the Food Industry through Artificial Intelligence and Big Data Analytics. *Logistics*, 5(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/logistics5040066>
- Taneja, A., Nair, G., Joshi, M., Sharma, S., Sharma, S., Jambrak, A. R., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Castagnini, J. M., Leksawasdi, N., & Phimolsiripol, Y. (2023). Artificial Intelligence: Implications for the Agri-Food Sector. *Agronomy*, 13(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/agronomy13051397>
- Tupan, J. M., Rieuwpassa, F., Setha, B., Latuny, W., & Goesniady, S. (2025). A Deep Learning Approach to Automated Treatment Classification in Tuna Processing: Enhancing Quality Control in Indonesian Fisheries. *Fishes*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/fishes10020075>
- Vilas-Boas, J. L., Rodrigues, J. J. P. C., & Alberti, A. M. (2023). Convergence of Distributed Ledger Technologies with Digital Twins, IoT, and AI for fresh food logistics: Challenges and opportunities. *Journal of Industrial Information Integration*, 31, 100393. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100393>
- Wepner, B., Neuberger, S., Hörlesberger, M., Molin, E. M., Lampert, J., & Koch, H. (2025). How can digitalisation support transformation towards sustainable agri-food systems? Scenario development in Lower Austria. *Agricultural Systems*, 224, 104251. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104251>